

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA DE POSGRADO

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA,
METALURGICA Y GEOGRAFICA**

UNIDAD DE POSGRADO

**“Aplicación del modelo geológico en la gestión por procesos
para la extracción de oro de sulfuros, en las Minas del Perú
2012-2013”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN INGENIERÍA DE
MINAS**

MENCIÓN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL

AUTOR

Alfonso Alberto Romero Baylón

ASESOR

Dr. Tomás Ezequiel Gallarday Bocanegra

Lima – Perú

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica



UNIDAD DE POSGRADO
«Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación»

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veintidós días del mes de octubre del 2015, siendo las 16:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 405/UPG-FIGMMG/2015 del 07 de octubre del 2015, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«APLICACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO EN LA GESTIÓN POR PROCESOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO DE SULFUROS, EN LAS MINAS DEL PERÚ 2012 -2013»

Que, presenta el Bach. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLON, para optar el GRADO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE MINAS con mención en GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente 05931-FIGMMG-2013 del 09 de agosto del 2013, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría».


Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:


Muy Bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el GRADO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE MINAS con mención en GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL al Bach ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLON.

Siendo las 17:30 horas, se dio por concluido al acto académico


DRA. SILVIA DEL PILAR IGLESIAS LEÓN
Presidente


DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Secretario


MG. ENRIQUE GUADALUPE GÓMEZ
Miembro


MG. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
Miembro


DR. TOMAS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Teodora Baylón Cocháhin y Bernardo Romero Torres, quienes me acompañan siempre en el logro de mis objetivos trazados y están siempre dándome su apoyo incondicional; así mismo, a mis hermanos Raúl, Rómulo, Julián y Esperanza y Edward quienes siempre están pendientes de mi constante superación, del mismo modo a los profesionales que me brindaron su apoyo en la culminación de la tesis, por sus aportes que fueron muy importantes y han contribuido en la robustecidad científica del presente estudio..

AGRADECIMIENTO

A los docentes asesores, mis agradecimientos por contribuir a mejorar el resultado de la investigación que presentamos en este estudio, a las autoridades de la Unidad de Pos Grado de la Facultad de Ingeniería geológica, Minera Metalúrgica y Geográfica, y a los docentes quienes me apoyaron siempre en el desarrollo de esta investigación. Asimismo a los a los funcionarios de las minas de las Unidades de mineras quienes con su experiencia y la disposición de su personal han contribuido en la validación del aporte de este estudio.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
INDICE	IV
LISTA DE CUADROS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XIII

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.0 Presentación	15
1.1. Situación Problemática.	17
1.1.1 Planteamiento	17
1.1.2 Situación actual	18
1.2 Formulación del problema	18
1.2.1. General	18
1.2.2. Específicos	18
1.3. Justificación de la investigación	19
1.4. Objetivos de la investigación	19
1.4.1. General	19
1.4.2. Específicos	19

CAPITULO II

MARCO TEÒRICO

2.1. Antecedentes nacionales del problema	20
2.2. Antecedentes internacionales del problema	22
2.3 Bases teóricas	23
2.3.1. Marco legal	23
2.3.2. Marco filosófico	24
2.3.3. Principios de extracción de minerales	25
2.4. Elementos de la gestión por procesos	24
2.5. Elementos del modelo geológico	51
2.6. Marco conceptual o glosario	65

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Hipótesis	74
3.2. Extracción de minerales en la unidad minera Yanacocha	76.
3.3. Extracción de minerales en Minera Barrick	81
3.4. Extracción de minerales en Minera Buenaventura	90
3.5. Extracción de minerales en Minera Aruntani	98
3.6. Extracción de minerales en Consorcio Minero Horizonte	102
3.7. Extracción de minerales en Minera Santa Rosa	108

CAPITULO IV

MODELO DE GESTION POR PROCESOS

4.1. Marco de referencia en el ciclo de minado	114
4.2. Modelo de gestión por procesos en minado	124
4.3. Escalabilidad del Marco de referencia para minería.	136
4.4. Componentes del modelo	137
4.5. Cadena de valor del modelo de extracción	142
4.6. Ventaja del modelo en la extracción	144
4.7. Opinión der expertos	148
4.8. Opinión de funcionarios de minas	148
4.9. Conformidad de usuarios	149

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Análisis e interpretación de resultados	150
5.2. Prueba de hipótesis	151
5.3. Producción de oro en el Perú en base al modelo de gestión	152
5.4. Presentación de resultados	152
CONCLUSIONES	158
RECOMENDACIONES	159
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	160

ANEXOS	160
Anexo N° 01: Ficha de flujo de datos en los modelos geológicos	161
Anexo N° 02: Flujo del Modelo Geológico y Modelo de Gestión	162
Anexo N° 03: Formato de registro de opinión de expertos	163
Anexo N° 04: Formato de registro de opinión de funcionarios	164
Anexo N° 05: Formato de registro de encuesta de conformidad a usuarios	165
Anexo N° 06: Mapa de ubicación de minas analizadas	166
Anexo N° 07: Panel fotográfico de minas analizadas	167

LISTADO DE CUADROS

Cuadro No. 01: Ficha técnica de proceso.	44
Cuadro No. 02: Datos utilizados para estimación de reserva.	78
Cuadro No. 03: Producción proyectado de mina Yanacocha, periodo 2012-2013.	80
Cuadro No. 04: Datos generales del equipo de perforación.	87
Cuadro No. 05: Datos del equipo de perforación Ingersol Rand.	87
Cuadro No. 06: Datos de explosivos y accesorios.	88
Cuadro No. 07: Producción de mineral año 2012.	89
Cuadro No. 08: Producción proyectado de mina Buenaventura, periodo 2012-2013.	97
Cuadro No. 09: Reservas probadas y potenciales.	100
Cuadro No. 10: Reservas por sección.	100
Cuadro No. 11: Datos de diseño de minado.	100
Cuadro No. 12: Malla de perforación en banco.	101
Cuadro No. 13: Producción proyectado de mina Aruntani, periodo 2012-2013.	102
Cuadro No. 14: Producción proyectada de Consorcio Minero Horizonte, periodo 2012-2013.	108
Cuadro No. 15: Datos de diseño de pit.	112
Cuadro No. 16: Producción de mina COMARSA, periodo 2012-2013	113
Cuadro No. 17: Eficiencia de Perforación. Fuente: Buenaventura	117
Cuadro No. 18: Eficiencia de Avance.	117
Cuadro No. 19: Calculo de costo de voladura en minería superficial.	123
Cuadro No. 20: Ficha de proceso de Perforación.	125
Cuadro No. 21: Ficha de proceso de voladura.	126
Cuadro No. 22: Ficha de proceso de desquince y limpieza.	126
Cuadro No. 23: Ficha de proceso de sostenimiento.	127
Cuadro No. 24: Ficha de proceso de perforación en open pit.	131
Cuadro No. 25: Ficha de proceso de voladura en open pit.	131

Cuadro No. 26: Ficha de proceso de limpieza y transporte en open pit.	132
Cuadro No. 27: Matriz del proceso de perforación en general.	140
Cuadro No. 28: Matriz del proceso de voladura en general.	141
Cuadro No. 29: Matriz del proceso de transporte en general.	141
Cuadro No. 30: Producción de oro fino en gramos con modelo de gestión en minado superficial..	144
Cuadro No. 31: Producción anual comparativa de Yanacocha, con modelo y sin modelo de gestión.	145
Cuadro No. 32: Producción de oro fino en gramos con modelo de gestión en minado subterráneo.	146
Cuadro No. 33: Producción anual comparativa de Mina Buenaventura; con modelo y sin modelo de gestión en minado subterráneo.	147
Cuadro No. 34: Producción anual comparativa de oro 2002-2013 con modelo y sin modelo de gestión.	152

LISTADO DE FIGURAS

Figura 01: Extracción por cámaras y pilares.	27
Figura 02: Extracción de minerales por subniveles.	28
Figura 03: Taladros largos por subniveles.	29
Figura 04: Galerías de extracción de mineral explotada por subniveles.	30
Figura 05: Cono invertido de Lersch y Grossman para diseño de pits.	34
Figura 06: Esquema geométrica de Fellenius.	35
Figura 07: Esquema geométrico de Bishop.	38
Figura 08: Esquema geométrico de Spencer.	40
Figura 09: Representación gráfica de un proceso.	41
Figura 10: Interrelación de procesos.	42
Figura 11: Elementos estándares de diagrama de flujo de procesos.	42
Figura 12: Clasificación de procesos.	43
Figura 13: Macro procesos de extracción de minerales.	47
Figura 14: Vista de puntos a través de símbolos en ordenador.	52
Figura 15: Muestra el valor de puntos.	52
Figura 16: Muestra de puntos utilizando cruces.	53
Figura 17: Muestra de puntos a través de esferas.	53
Figura 18: Vista de los estados de línea en 2D.	54
Figura 19: Vista de polilíneas tipo anillo en 3D.	55
Figura 20: Líneas de contorno.	55
Figure 21: Selección de superficies.	56
Figura 22: Contornos y vistas del plano (arriba), y secciones verticales (abajo).	57
Figura 23: Modelamiento de sólidos.	58
Figura 24: Vista alambre de datos digitalizados y wireframe.	59
Figura 25: Vista renderizada y la unión de puntos con una vista delineada.	60
Figura 26: Modelo de bloque en3D.	61
Figura 27: Wireframe del modelo geológico en open pit.	63
Figura 28: Wireframe del modelo geológico en minería subterránea.	64
Figura 29: Modelo geológico conceptual del yacimiento.	78
Figura 30: Esquema de estimación de reserva.	79

Figura 32: Sección geológica de Pierna.	82
Figura 33: Modelo geológico conceptual de Pierina.	83
Figura 34: Malla de perforación diamantina	84
Figura 35: Vista en 3D de la malla de perforación diamantina	85
Figura. 36: Mapa de distribución de leyes del mineral.	86
Figura 37: Áreas mineralizadas.	91
Figura 38: Modelo geológico conceptual.	92
Figura 39: Dimensiones de Jubo de perforación.	94
Figura 40: Diseño de malla de perforación en sección mina.	95
Figura 41: Equipo pesado para carga y transporte de mineral.	96
Figura 42: Modelo geológico conceptual Aruntani	97
Figura 43: Modelo geológico conceptual.	102
Figura 44: Esquema de corte y relleno ascendente.	103
Figura 45: Diseño de Rampa y chimenea.	104
Figura 46: Mapa geológico conceptual del distrito minero de Santa Rosa.	107
Figura 47: Sección geológica de rocas encajonantes mineralizadas de la formación chimú.	108
Figura 48: Modelo geológico conceptual.	109
Figura 49: Definición de los principales componentes de un talud en minería superficial.	117
Figura 50: Relación geométrica entre el ángulo de talud interrampa y los componentes de un banco.	118
Figura 51: Macro proceso de minado subterráneo.	122
Figura 52: Diagrama de flujo del proceso de perforación.	126
Figura 53: Diagrama de flujo del proceso de voladura.	127
Figura 54: Diagrama de flujo del proceso de desquinche y limpieza	127
Figura 55: Diagrama de flujo del proceso de sostenimiento.	128
Figura 56: Macro proceso de minado en open pit.	128
Figura 57: Diagrama de flujo de proceso de perforación en open pit.	131
Figura 58: Diagrama de flujo de proceso de voladura en open pit.	133
Figura 59: Diagrama de flujo de proceso de limpieza y transporte de mineral en open pit.	133
Figura 60: Diagrama de flujo de proceso de sostenimiento en	134

open pit.

Figura 61: Macro proceso del ciclo de minado.	135
Figura 62: Interrelación del ciclo de minado.	136
Figura 63: Matriz de interrelación de procesos.	139
Figura 64: Secuencia de procesos de extracción de minerales auríferos.	138
Figura 65: Cadena Valor Para Extracción de Minerales.	140
Figura 66: Resultados de la opinión de expertos al modelo de gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro.	146
Figura 67: Resultados de la opinión de Directivos al modelo de gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro.	146
Figura 68: Resultados de la opinión de conformidad por usuarios del modelo de gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro	147
Figura 69: Propuesta de modelo de gestión por proceso.	151
Figura 70: Secuencia de la gestión por proceso en la extracción de mineral.	152
Figura 71: prioridades en la gestión por proceso en ciclo de minado.	153
Figura 72: Diagrama de flujo de información del sistema HEC.	154
Figura 73: Beneficios de la gestión por procesos en ciclo de minado.	155

RESUMEN

La extracción de minerales, conocido también, como la explotación de minerales; tienen una trayectoria histórica muy tradicional; con el avance de la tecnología en los últimos 20 años se ha incluido a esta extracción los modelos digitales o denominados también modelamiento. Establecer la Cadena Productiva para obtener mineral aurífero en las Minas del Perú es un reto que enfrentan los directivos de la Empresas Mineras que producen este metal precioso. Desde los parámetros de control de los minerales económicos en un yacimiento hasta la valorización comercial para la venta final, una adecuada gestión de procesos de extracción de minerales auríferos para el abastecer a la planta de beneficio es de mucha importancia por su fácil interacción entre los procesos en la actividad clave de extracción del mineral. El modelamiento geológico y el manejo de la gestión por procesos con de leyes económicas de corte, litología y las dimensiones del yacimiento que facilita el modelamiento contribuyen a la mejora de la gestión de los procesos de extracción de minerales sulfurados de oro, garantizando el abastecimiento continuo y uniforme del mineral con su ley económica de corte para ser concentrado y refinado en la planta de beneficio como producto final, denominado dore.

La distribución de los minerales sulfurados de oro o mineral aurífero en un yacimiento está clasificada según su ley en onzas por tonelada o gramos por tonelada llegándose a cuantificar como recurso mineral probable, mineral posible y mineral probado, este último es la que se conoce como reserva de mineral. Con el mineral probado cuantificado, la geología económica hace la valoración del yacimiento, el mismo que es empleado para el planeamiento de minado, el diseño de extracción a través de los procesos del ciclo de minado, el tipo de maquinaria y equipo a utilizar para la extracción del mineral aurífero.

ABSTRACT

Mineral extraction, also known as mineral exploitation; They have a very traditional historical trajectory; with the advancement of technology in the last 20 years has included in this extraction the digital models called too modeling. Set Production Chain for gold ore in the mines of Peru is a challenge faced by managers of the mining companies that produce this precious metal. Since the control parameters of economic minerals in a deposit to commercial exploitation for final sale, proper management of processes for extracting gold ore to supply the processing plant is of great importance for easy interaction between processes the key activity of mineral extraction. Geological modeling and management of process management with cutting economic laws, lithology and size of the ore body that facilitates the modeling contribute to improving management processes extraction gold sulfide minerals, ensuring a continuous supply uniform ore with economic cutoff to be concentrated and refined in the processing plant as a final product, called silver and gold bar.

The distribution of sulfide gold ores or gold ore in a deposit is classified by law in ounces per ton or grams per tons arriving to quantify probable mineral resource, mineral possible and tested mineral, it is known as a reserve mineral. With the proven quantified mineral, economic geology makes the assessment of the deposit, the same as is used for planning mining, designing extraction through cycle processes mining, the type of machinery and equipment used for the extraction of gold ore.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Presentación

El problema del proceso de extracción de minerales de oro en sulfuros o mineral de cabeza de las estructuras geológicas con mineralización aurífera en los yacimientos de las minas del Perú, radica en la gestión empírica y vertical, este problema se presentan en cada una de las operaciones unitarias del ciclo de minado que es una parte de la cadena productiva de la negocio minero, el proceso, inicia con el planeamiento de minado cuya base es la cubicación de reserva de mineral a través de métodos convencionales y la otra es aquella que estudiamos en el presente estudio o con aplicación del modelamiento geológico. El proceso de extracción de minerales, inicia en la perforación y voladura hasta la entrega del mineral extraído a la planta de tratamiento o beneficio del mineral. En una extracción convencional o tradicional los cálculos de reserva, dimensionamiento geométrico para la extracción y los parámetros de la producción se realizaban mediante mapas,

planos topográficos y el uso de las calculadoras, en el presente estudio se propone la aplicación de la gestión por procesos con aplicación del modelamiento geológico herramienta tecnológica que entrega en forma inmediata las reservas, el dimensionamiento geométrico así como el diseño de la extracción para el ciclo de minado. La Gestión por procesos analiza y planifica cada uno de los procesos de extracción de minerales del ciclo de minado y logra establecer la ficha técnica de proceso, el flujo de interrelación de actividades operativas y la secuencia de la misma. La ficha de procesos y la sistematización de la misma mediante los elementos de una gestión por procesos que se insertan en la cadena productiva, permiten realizar una adecuada gestión del proceso operativo de extracción de minerales. La forma eficiente de realizar y ejecutar un plan estratégico de minado analizar mediante la metodología propuesta como marco de referencia y el modelo de gestión minera basado en procesos que establece esta investigación como una herramienta para los directivos de las empresas mineras en el proceso de extracción de minerales auríferos, asimismo repercute en la seguridad minera y reduce los costos operativos.

La tesis se inscribe en el marco de la Ingeniería de Minas, en este caso, mediante el sistema de estudio de seis casos cuya unidad de análisis son las seis empresas mineras con mayor producción de oro en el país, se propone estudiar la viabilidad de emplear la metodología de la ingeniería para el desarrollo de un marco de referencia para la extracción de minerales auríferos donde se puede mejorar la gestión en el ciclo de minado creando un modelo de gestión basado en procesos que presentamos como parte de la propuesta, incrementando la producción, con el marco de referencia cuyas características son fiable, flexible y eficiente, con reserva probada obtenidos con la aplicación del modelamiento geológico.

El estudio de la solución, tiene como marco técnico legal la normatividad de la ley de seguridad e higiene minera del MEM No 055-2010-EM, donde establece claramente en su capítulo I los estándares de las operaciones mineras y el ciclo de minado para todas las minas en producción en el Perú dando énfasis a los aspectos seguridad.

El esquema del contenido de la presente tesis comprende seis componentes: i. La Introducción, ii. El marco teórico, iii. El Modelamiento

geológico, iv. La metodología, v. La Gestión por procesos en la extracción de minerales y vi. Resultados y discusión.

La introducción presenta al problema y enfoca el marco de la problemática de los procesos de extracción aplicados en la empresa minera, influyendo en el planeamiento de minado y este concretamente en la cadena productiva del negocio minero. Aquí se formula el problema, se justifica el mismo y se establece los objetivos generales y específicos.

El Marco Teórico, está dividido en cuatro partes: la primera, enfoca la filosofía de la investigación tecnológica, el segundo. reúne y examina los resultados alcanzados por investigaciones preliminares a nivel nacional e internacional; la tercera parte, desarrolla las Bases teóricas, que reúne los aportes acerca de los planteamientos de la ingeniería de procesos selectivos de métodos de explotación, así como documentos provenientes de instituciones de prestigio en el campo de la ingeniería que permita medir el impacto y establecer el logro de optimización y la tercera parte culmina con un apreciación acerca del sentido en que han sido empleados los términos en la investigación. Las partes restantes configuran en el cuerpo de la tesis.

1.1. Situación problemática

1.1.1 Planteamiento del problema

No existe un análisis de gestión por procesos a base de modelos geológicos, que permita a las empresas mineras que explotan minerales preciosos de los sulfuros, un enfoque por procesos de su ciclo de minado, peor aún no cuentan con la garantía para evitar pérdidas de valores de oro en los relaves, la falta de fundamentos concretos para el diseño de la extracción de las labores de subsuelo conllevan a operaciones de explotación no exitosas, ya que parte de las reservas probadas de sulfuros se quedan en subsuelo volviéndose inaccesibles; hechos que repercuten negativamente en el programa de explotación minera originando pérdidas económicas. Utilizando una nueva metodología de trabajo a base de estudios minuciosos con parámetros numéricos reales se puede mejorar las ganancias. La aplicación de esta metodología evitara que estas

minas a futuro sean reabiertas para explotar los sulfuros con valores de oro que quedaron por considerarse no económicos e inaccesibles.

1.1.2. Situación actual

Los precios de los metales influyen notablemente en la ley de corte, estos pueden tender al alza como a una baja por lo tanto esto suele ser incierto, sin embargo hay empresas encargadas que hacen un pronóstico de los precios buscando encontrar una tendencia en el futuro que conlleve a la empresa a tomar decisiones.

Las crisis económicas nacionales e internacionales tienen un gran impacto en el beneficio de la actividad puesto que la actividad se desarrolla entorno a entidades bancarias, empresas proveedoras y compradoras que se ven afectadas directamente por esta crisis económica y no permiten el normal desarrollo del actividad.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. General

¿De qué manera en las minas del Perú, el modelo geológico se relaciona con la gestión por procesos en la extracción de minerales con contenido de oro de sulfuros?

1.2.2. Específicos

¿En qué medida las reservas de los minerales preciosos, es consistente por ser cubicadas con el uso del modelo geológico, para los procesos de extracción?

¿Cuál es la relación real existente, entre la gestión de procesos de extracción de minerales cubicadas por modelo geológico y la gestión de las operaciones unitarias de producción?

¿Existe mejora significativa en la extracción de minerales preciosos de los sulfuros cubicadas por modelo geológico y la gestión por procesos?

1.3. Justificación de la investigación

Se justifica por la selección del método de explotación de minerales de sulfuros con valores de oro desde el planeamiento de minado a largo plazo hasta los planes operativos. La aplicación de la gestión por procesos en la actividad clave de la extracción de minerales como es el ciclo de minado requiere de un análisis con un enfoque por procesos para establecer los beneficios económicos y técnicos que favorecen a los inversionistas, comparado con los métodos de explotación sin la aplicación del modelo geológico digital en la minas del Perú.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. General

Demostrar que en las minas del Perú. Periodo 2012 – 2013, la aplicación del modelamiento geológico para la cubicación de reservas, influyó significativamente en la gestión de los procesos de extracción de minerales de sulfuros con valores de oro.

1.4.2. Específicos

- Determinar que el nivel de influencia de las reservas de minerales de sulfuros cubicados con el modelo geológico, es relevante y real en los procesos de extracción de minerales preciosos.
- Identificar que el nivel real en la gestión de los procesos de extracción de minerales aplicando el modelamiento geológico, influye en las operaciones unitarias de producción de oro.
- Verificar si existe mejora significativa en la extracción de minerales de sulfuros con valores de oro cubicadas con modelamiento geológico, y la aplicación de la gestión por procesos en su extracción.

CAPITULO II

MARCO TEÒRICO

2.1 Antecedentes nacionales del problema

TAPIA [1], de la Escuela de Post Grado de Universidad Nacional Mayor de San Marcos, desarrolló la tesis “Formulación de un Modelo Geológico Estructural, en el Sistema de Vetas de la Franja Oeste del Yacimiento Minero de Parcoy, Consorcio Minero Horizonte”; con el objetivo de describir y correlacionar integralmente el Modelo Geológico – Estructural en el Yacimiento Minero de Parcoy del Consorcio Minero Horizonte y desarrollo el Modelo Geológico a la exploración de nuevas estructuras mineralizadas con contenido de oro y su correlación espacial con el control estructural.

El Modelo el modelo estructural juega un factor determinante en las proyecciones y la exploración de nuevas vetas, en ese sentido se establece que los “blancos” deben orientarse a posibles estructuras tensionales (t) y tipo riedel (R,R´) producto de la reactivación de

estructuras con orientación principal dando como resultado los modelos tipo “lazos cimoide” y “lazos cimoides múltiple”.

CRUZ [2], En su estudio “Modelamiento Geológico 3D del Reservorio Mogollon en el Campo Peña Negra, Cuenca Talara - Perú” con el objetivo de analizar las características y elaborar el Modelo Geológico en 3D empleando la herramienta Petrel y realizar la simulación dinámica. La elaboración del Modelo 3D, inicio con la importación y validación de la información disponible, acondicionando la estructura de la información a formatos compatibles de la herramienta Petrel para procesar los datos de campo o de los sondajes.

OVIEDO y ROSAS [3], realizaron el estudio: “Modelamiento Dinámico 3D – MD3D”: en el proponen la aplicación del modelamiento geológico dinámico con la herramienta LeapFrog 3D haciendo un estudio donde se indica que nueve de cada diez minas explotadas son planificadas mediante el uso de las herramientas de modelamiento geológico con la aplicación de las herramientas como Mapteck, Vulcan, Gems, Surpac, Datamine, Micromine, Minisight y Examine y analizan el mayor índice de producción.

MENA [4], en su tesis de la Escuela de Post Grado de Universidad Católica del Perú, desarrolló la tesis “Planeamiento de Minado Subterráneo Para Vetyas Angosta: Caso Practico; Mina “Esperanza de Caraveli” de la Compañía Minera Titan S.R.L.”; para contribuir al plan de producción de la mina, el modelo geológico como un componente en el planeamiento de minado.

SAYAS [5], en su obra escritos de trabajo seguro PETS hecho en la Compañía Minera Norther Mining Corporation, unidad Quiruvilca, indico la importancia de planificar las operaciones en mina, como el ciclo de minado en las secciones o áreas de la producción, ello facilita el diagnóstico del tipo de proceso que debe incluirse en la gestión de los procesos de extracción del mineral en la mina. Es así que los PETS son concebidas como producto de la interacción de los operadores de mando

medio y obreros indicando que cada uno es responsable de su propia seguridad personal.

2.2. Antecedentes Internacionales del problema

Pérez [6]. Realizó una investigación en Chile, donde afirma que El modelamiento geológico es esencial para la evaluación de recursos, el diseño, la planificación minera y la definición del proceso metalúrgico a utilizar, dado que determina la extensión volumétrica y distribución espacial de unidades geológicas o geotécnicas que influyen de forma determinante sobre los procesos mencionados. Tradicionalmente, los modelos geológicos se elaboran de forma determinística, es decir, su construcción se basa en el conocimiento y experiencia de un especialista que asigna el valor de un atributo geológico a un determinado volumen, lo cual impide la cuantificación de la incertidumbre asociada al modelo generado. Por otra parte, si bien los algoritmos convencionales de simulación permiten la cuantificación de incertidumbre, las relaciones espaciales complejas y curvilíneas de las variables geológicas no pueden ser inferidas mediante estadísticas basadas en pares de puntos.

Actualmente los modelos son elaborados por expertos, que interpretan la ubicación y límites de las unidades geológicas en base a información de datos numéricos de sondajes hechos en el yacimiento de minerales. La interpretación se realiza para cada planta o perfil, interpolando posteriormente los resultados y generando de esta forma la representación de la unidad geológica en el espacio. Los resultados obtenidos son unidades geológicas con límites suaves diferentes de los límites que se observa. Su desventaja es que no permiten algún tipo de cuantificación de incertidumbre en relación a sus resultados.

Elvia Rodriguez [7]. Investigó en Ecuador, su estudio transversal realizó para describir y analizar las características de la mejora continua en los procesos de negocio a través de los modelos usados como

herramientas, su implementación fue en el caso mediante el BPM (Business Process Management).

Actualidad no basta con que los procesos de negocio se alineen con la tecnología, sino que la tecnología es la que debe adaptarse al negocio e incluso ser capaz de transformarlo o mejorarlo.

Valencia y Charro [8] Investigaron en Ecuador, buscaron describir las características que adquiere el modelo tridimensional basado en el procesamiento digital de imágenes para lograr como resultado un modelo de aplicación. La imagen digital es considerada como una matriz donde los índices de filas y columnas identifican un punto, denominándose por esta razón como imagen formada por una matriz de píxeles cuyas longitudes son el largo y ancho y la calidad por la profundidad o cantidad de pixel cuyos formatos son: jpg, gif, png, bmp, tif, pcx, y raw.

El Modelamiento 3D inventado en 1838, la estereoscopia se ha utilizado como una técnica para crear la ilusión de una tercera dimensión que a la fecha se aprecia en las diferentes aplicaciones; el modelado es la creación y manipulación de la representación de un sistema de modelo, en nuestro caso es la representación estructural de un conjunto de características del sistema geológico de un yacimiento de minerales.

Pietrantonio [9], describió un programa para validar y actualizar los modelos geológicos de los yacimientos, una de los elementos más importantes de estos modelos geológicos es el modelo estructural que permite definir las orientaciones, geometría de los elementos estructurales y los límites de los yacimientos de minerales.

2.3 Bases teóricas.

2.3.1. Marco legal, promoción de inversiones y catastro minero

- Decreto Legislativo 708.- Promulgan Ley de Promoción de Inversiones del Sector Minero.

- Decreto Supremo 024-93-EM.- Se aprueba el Reglamento del título Noveno de la Ley General de Minería, referido a las Garantías y medidas de Promoción a la inversión en la Actividad Minera.
- Decreto Supremo 014-92-EM.- Reglamento de la Ley General de Minería
- Resolución 255-2001-EM/CM.- Consejo de Minería

Reglamento de Procedimientos Mineros

- Decreto Supremo 018-92-EM.- Reglamento de Procedimientos Mineros
- Resolución Ministerial 356-2004-MEM/DM.- Aprueban formatos de declaración jurada de Compromiso Previo y Declaración Jurada Anual de Desarrollo Sostenible a que se refiere el D.S. 042-2003-EM

2.3.2. Marco filosófico

KUHN (2011) señala que: “el paradigma es aquello que comparten los miembros de una comunidad científica en particular”, esta definición es la más aceptada dentro de las comunidades científicas. Kuhn desarrolla en su tesis dos componentes esenciales del paradigma: una “matriz disciplinaria” y un “componente sociológico”. Acerca de la matriz disciplinaria podemos decir que: se compone de generalizaciones simbólicas o expresiones simbólicas de las teorías o leyes y se caracteriza por la existencia de modelos particulares o modelos heurísticos, valores compartidos como juicios de exactitud y ejemplares o modelos típicos de resolución de problemas.

El componente o factor sociológico cubre las relaciones que se establecen entre los miembros de la comunidad que comparte el paradigma. En este punto podemos observar cómo aquellas personas que trabajan e investigan dentro de un paradigma en particular, lo que sería hacer “ciencia normal”, tienden a compartir intereses sociológicamente afines. De esta forma, investigadores de las más diversas comunidades científicas y que solo

comparten el paradigma propiamente, pueden salvar obstáculos de orden cultural y entenderse sin problemas..

Para Kuhn, la ciencia normal posee como fundamento un tipo de investigación que podemos llamar convergente, investigación que ayuda a la articulación del paradigma. Sería característico observar un afán por ampliar las fronteras del paradigma llenando los espacios vacíos o incursionar en áreas, aceptadas por el paradigma, pero no estudiadas hasta ese momento. Otro aspecto característico de la ciencia normal, es un proceso de depuración de los conceptos y resultados que sirven de fundamento. En este sentido, la ciencia auxiliada por la “investigación normal”, pretende depurar los conceptos y revisar la exactitud de los resultados, es aquí donde la penumbra de la duda opaca la visión de lo científico.

Influencia en la tesis, El enfoque paradigmático con la componente disciplinaria, de las teorías o leyes y se caracteriza por la existencia de modelos típicos de resolución de problemas, refleja una alineación al modelo de gestión por procesos en el sector minero que planteamos en el presente estudio, proponiendo una solución al proceso de extracción de minerales donde al aplicar el modelo se controla mejor la producción y se incrementa la productividad tal como mostramos en los resultados finales. Esto ocurre dentro del componente disciplinario, sin embargo si consideramos el componente sociológico el resultado de la tesis converge en la adaptación del modelo propuesto al haber desarrollado nuestra matriz de proceso incluyendo el factor sociológico para mantener las buenas relaciones con las comunidades.

2.3.3. Principios de extracción de minerales

1. Extracción subterránea.- Es aquella que se realiza por medio de obras y trabajos en el interior de la tierra tales como: Piques, galerías, cámaras y pilares, utilizando planos topográficos para acceder al cuerpo de

mineral y extraerla, sin tener que mover los estériles o materiales que recubren el yacimiento.

El yacimiento de minerales tiene un volumen que contiene minerales, mientras que las rocas que la encapsulan son estériles, no tienen valor económico y los mineros tratan de dejarlos en su lugar. Las rocas estériles diluyen el mineral o reducen su ley. Se incurre en un costo adicional cuando se transportan los estériles a la superficie o interviene en el proceso de beneficio en la planta concentradora.

Los servicios mineros en las labores subterráneas persiguen trabajar en el interior de la masa rocosa considerando los accesos a las zonas de extracción para transportar el mineral o suministros de energía como; energía, aire comprimido, drenaje de agua, movimiento de personal y movimiento de equipos de transporte de agua. Para lograr extraer los minerales del subsuelo se emplean varios métodos tales como:

- **Cámaras y Pilares** [Figura 01], las cámaras que se encuentran entre los bloques de mineral identificadas de color azul y verde y los pilares en rojo. El método diseñado para la explotación de minas con cuerpos de minerales de bajo buzamiento o mantos que tienen espesores en estrato limitado, son típicos de los mantos de carbón y sobreyaciendo a ellos las areniscas grises sedimentarias con leyes de cobre, plomo y oro, además de rocas calcáreas, dolomíticas, mantos de selenita y arenisca que a veces contienen vetillas de carbón. Estos métodos de Cámaras y pilares por la mineralización se recuperan en bancos abiertos, dejando pilares de mineral para apoyar a los estratos de roca que quedan colgados.

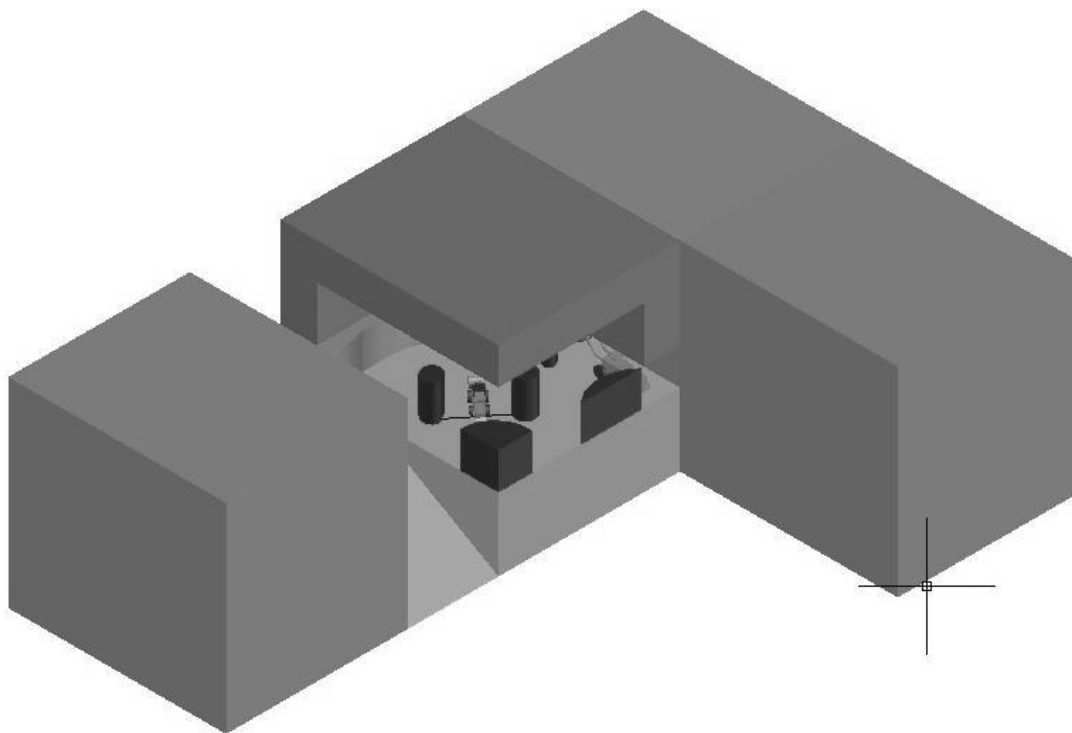


Figura No 01. Extracción por cámaras y pilares. Fuente: Diseño del Autor

Los pilares se pueden diseñar con secciones circulares, cuadradas o con forma de paredes alargadas, separando las cámaras. Los minerales contenidos en pilares no son recuperables y, por lo tanto, no se incluyen en las reservas del mineral de la mina..

Subniveles, este método de extracción de minerales es por subniveles ellos se utilizan para la explotación de depósitos o cuerpos de mineral que tienen las características siguientes:

- Fuerte buzamiento, la inclinación del muro debe ser superior a 70°
- Roca estable y competente que incluye al mineral de contornos regulares.

El yacimiento de mineral se divide en áreas de explotación minera, áreas para los pilares de sostenimiento para soportar la pared colgante. Los pilares son verticales y de sección rectangular [Figura 02].. Las secciones horizontales de mineral también se dejan, a fin de soportar los trabajos de minería a través de las áreas de producción, conocidos como pilares de corona.

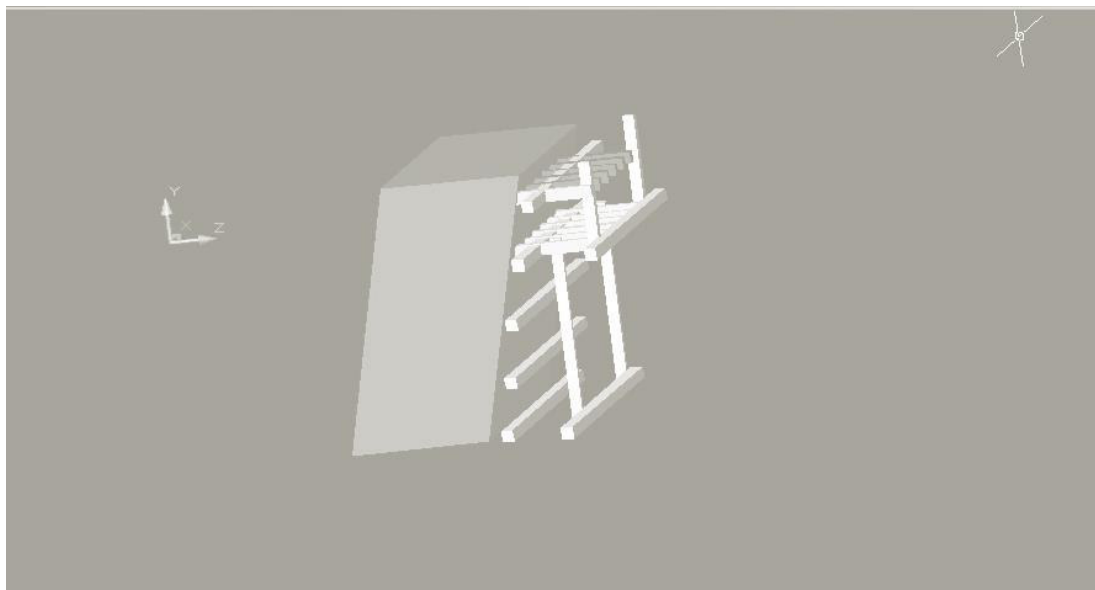


Figura 02. Extracción de minerales por subniveles. Fuente diseño del autor

Los subniveles utilizados para realizar las perforaciones con barrenos largos, se ubican entre los niveles principales. Ellas son la base para instalar las máquinas Track Drill o equipos de perforación con barrenos largos, antes de hacer el trabajo se dibuja el diagrama de perforación específica donde se emboquillan los barrenos largos, profundidad y ángulo de cada barreno [Figura 03].

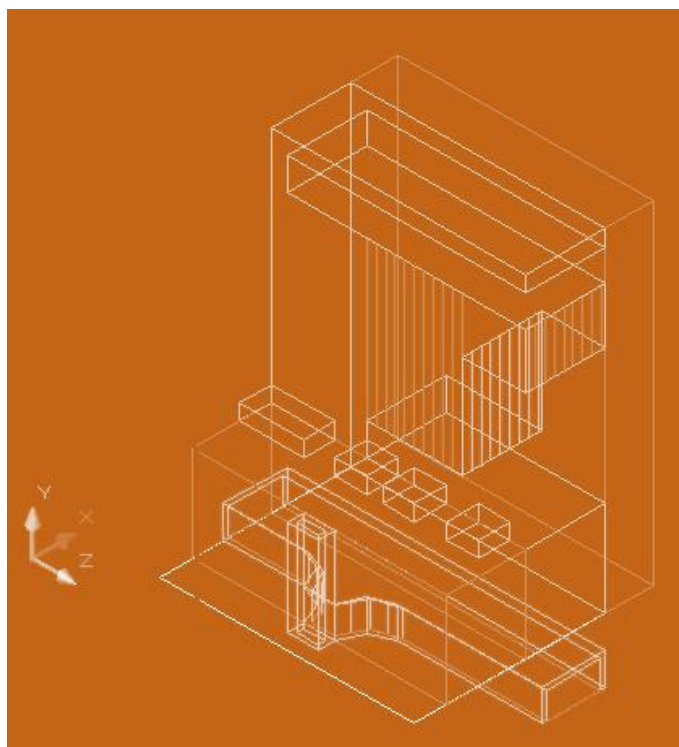


Figura 03. Taladros largos por subniveles. Fuente: Diseño del autor

Extracción con taladros largos en subniveles perforados y rotos con taladros largos, se usa barrenos largos de diámetros mayores a 2"Ø. O de 140 a 165 mm,. su longitud puede llegar a 30 0 40m, el doble del largo que se puede lograr con los equipos de martillo de cabeza. El barreno de voladura de calibre de 140mm rompe un bloque de roca de 4,0m de espesor, con longitud de talud de 6,0m. Los taladros largos son rectos, y su precisión en la perforación permite hacer mejor diseño de explotación en las minas. Por ejemplo, el espacio vertical entre subniveles extendidos, son 40m con explotación minera hasta 60m en excavaciones escalonadas. El riesgo por daño de las estructuras geológicas debe considerarse [figura 04].

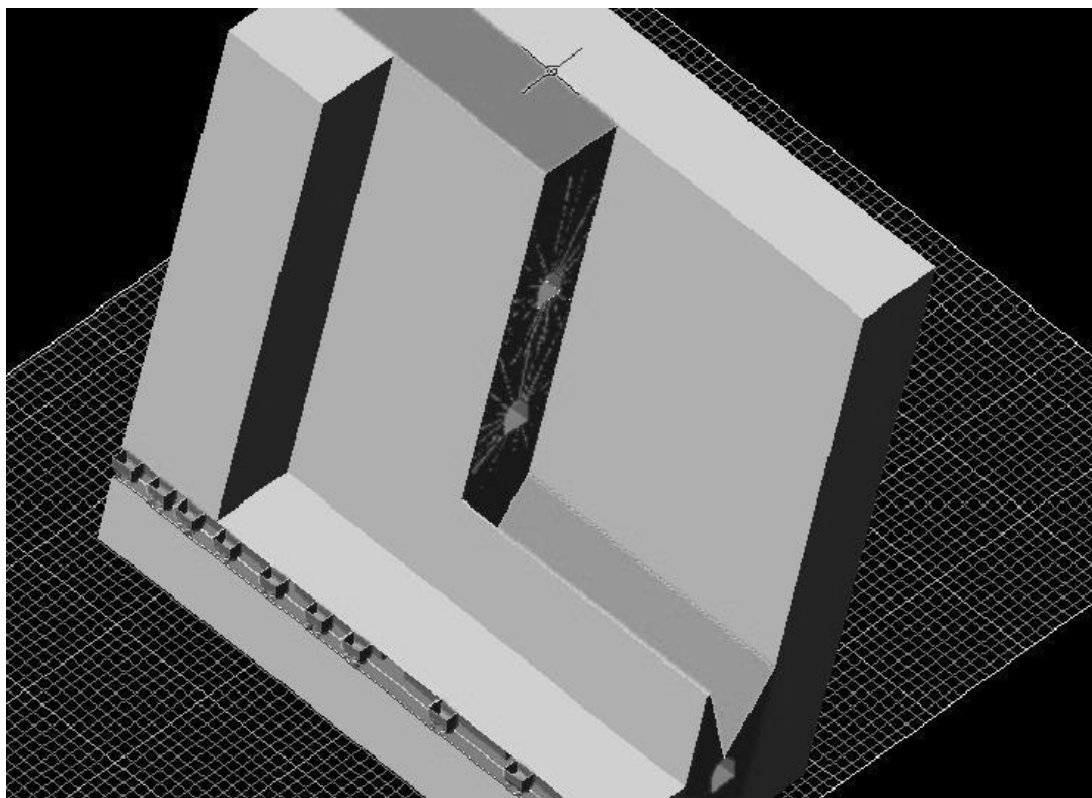


Figura 04. Galerías de extracción de mineral explotada por subniveles. Diseño del autor

El derrumbamiento en bloque, es un método de explotación minera a gran escala aplicable a:

Yacimientos de minerales masivos y de baja ley con fuerte buzamiento de geometría vertical, las rocas que se derrumban deben romperse en pequeños bloques que sean manejables y que quede una superficie liza.

Estas condiciones limitan los derrumbes en bloque en los yacimientos de minerales fracturados. Los derrumbamientos en bloques son usados en minerales de hierro, cobre de baja ley y mineralizaciones de molibdeno o de diamantes.

El derrumbamiento en bloque es apoyado por la gravedad, sumada las tensiones internas de las rocas, ellas se fracturan y rompen en menores bloques de rocas, las cuales pueden ser transportadas por los mineros.

Preparación y Desarrollo para aplicar el derrumbamiento en bloque se emplea la resultante del momento de gravedad, la minería convencional se considera la rotura del bloque, la masa rocosa que está debajo del bloque, se fractura usando cargado y voladura de taladros hechos con barrenos.

Las chimeneas de conexión están dispuestas como los brazos de un árbol, ellas permiten recolectar mineral de una gran área del nivel, estas se acumula en un punto de descarga o nivel de transporte. Las aberturas debajo del bloque están sujetas a grandes tensiones de rocas internas. Las galerías y otras aberturas en la mina que usa el derrumbamiento en bloques, tienen secciones transversales mínimas, sin embargo, un revestimiento de concreto y un extenso empernado son necesarios para asegurar la estabilidad de las galerías y abertura de puntos para extracción.

Transporte del mineral, es el movimiento del mineral desde la zona derrumbada hasta los vagones del ferrocarril. El mineral que es extraído por embudos a través de un sistema de chimeneas o shuts de conexión orepas termina en el nivel de transporte principal. Como la carga de las canaletas requiere una fragmentación controlada, la roca debe pasar por parrillas antes de ingresar al nivel de extracción.

Las ventajas, del derrumbe, son económicas y eficientes en la explotación de minerales a gran escala, donde la litología de las rocas es favorable.

2. Extracción Superficial

La extracción de mineral superficial o a tajo abierto, esta ha sido más intensa en los últimos 40 años. El método de explotación relaciona la morfología y génesis del yacimiento de minerales a explotar. Se aplica este sistema de explotación a aquellos cuya presencia es cercana a la superficie y tienen volúmenes de varios millones de toneladas métricas y tienen minerales de rendimiento económico, su diseño de explotación se lleva a cabo por bancos sucesivos descendentes, depende del número y capacidad de equipos en operación y de la relación de desmonte versus mineral extraídos de cada rampa hasta llegar a los límites finales planeados en el diseño (radio scripting). Los desmontes son acarreados fuera de los límites de éste y depositados en botaderos originando problemas ambientales.

Características Técnicas son de mayor productividad, concentración visible de las operaciones mineras, mayor producción por unidad de arranque (tajo, sección, área o mina), elevada mecanización, fácil comprobación geológica y mejor exploración, mejor índice de recuperación del yacimiento, fácil planificación y control etc.

Características Económicas tiene menor coste de capital por tonelada y de mineral movido, **mayor disponibilidad de reservas, mejor éxito en los contratos tercerizados.**

Características de relaciones comunitarias, mayor facilidad para encontrar mano de obra y seguridad e higiene en el trabajo con menor influencia del factor de costo del personal

Bancos de extracción, son conocidos como bermas, se aplica en explotaciones profundas de yacimientos de minerales de hierro, cobre, pirita, plomo y zinc, mercurio, oro, níquel etc., en una formación o cuerpo diseminado con grandes estructuras mineralizadas de geometría vertical y/o yacimientos de minerales que requieren cierta selección previa para su extracción.

Se caracterizan por un fuerte ritmo de explotación, difícil selectividad y unos graves condicionamientos por la concentración posterior. La minería superficial abarca desde aquellas explotaciones con una baja producción de unos cientos de toneladas por día, hasta aquellas otras

en las que se arrancan más de 100 millones de toneladas por año como las minas de Antamina, Toquepala y Yanacocha que explotan tridimensionales con profundidades importantes (mucho mayores de 100 m) lo que obliga a un gran número de bancos descendentes y en el que aparecen unos graves problemas como aquellos del ratio variable, la estabilidad de taludes, la selectividad del mineral, que para resolverlos requiere utilizar mayores tecnologías mineras de planificación, diseño, operación y control.

La extracción de minerales por el método de cielo abierto, tiende a utilizar los métodos mixtos y son aquellas que combinan con la minería subterránea o con sondeos, aprovechando las ventajas de cada uno de los métodos realizados en el mismo espacio y tiempo con infraestructura y plantas auxiliares para ambos métodos.

Entre los métodos especiales cabe destacar la extracción de plata plomo zinc en cerro de Pasco que se continuo la explotación del cuerpo mineralizado una vez que el talud final del pit llego a su límite, el mismo caso es el de Antamina que continuara con el método subterráneo.

Las reservas de mineral, es la cantidad de mineral que existe en un yacimiento de mineral verificada insitu, implica que estas reservas pueden ser extraídas con beneficio económico que está sujeto a otras restricciones, económicas - financieras y técnicas, incluyendo el cálculo de sus leyes promedio de cada uno de los bloques del inventario de minerales.

El diseño del método de explotación que mejor se adapte a las condiciones geológicas, estructurales y mineralógicas de un depósito determinado, es una de las funciones de trabajo más importantes del ingeniero de minas.

El diseño del límite final de una mina a cielo abierto, económicamente viable, es función de varios factores, pues no hay un diseño único que se pueda mantener durante toda la vida operativa de la mina, y los programas de computación existentes en el mercado para ser empleados en el diseño de las minas a cielo abierto, deben ser flexibles y baratos para ser utilizados tantas veces como sea necesario, usando para ello, toda la información

técnica disponible en el momento con todos los parámetros económicos requeridos, de tal manera que los datos generados puedan proporcionar al responsable de la planificación de las operaciones mineras, más opciones y alternativas para su mejor diseño con todas condiciones imperantes en el momento del cálculo.

Diseño de pits por Lersch y Grossman, se hicieron conocidos en la industria minera, por haber aplicado una solución al problema de la optimización de minas a cielo abierto. Utilizaron una de las cajas de herramientas de las matemáticas puras, que adquirió el engañoso nombre de teoría gráfica. La teoría gráfica no tiene nada que hacer con curvas, histogramas o cualquiera de aquellas cosas que las personas normalmente asocia con gráficas, mapas o planos. La teoría de Lerchs y Grossman (figura 05), es en realidad una forma de matemáticas puras que emplea sólo puntos y líneas. Los matemáticos llaman a esto vértices y bordes, es una colección de reglas que gobiernan lo que los vértices o bordes pueden y no pueden hacer. Por ejemplo:

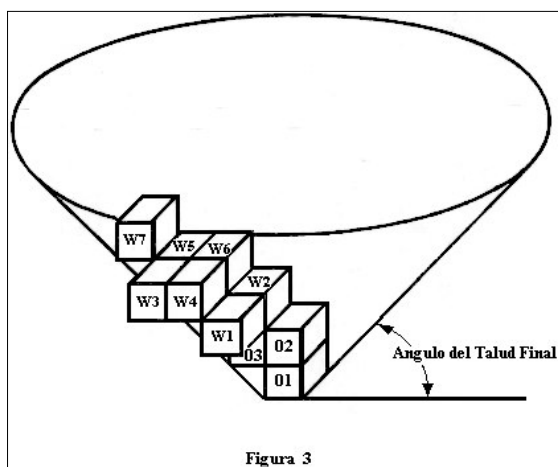


Figura 05. Cono invertido de Lersch y Grossman para diseño de pits. Fuente: Carlos Lopez Jimeno. ITGE.

Algoritmos de Análisis de taludes, son los movimientos de los taludes o inclinaciones, se han realizado utilizando las técnicas del equilibrio límite por muchos años. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, y arroja como resultado un factor de seguridad al comparar las fuerzas o momentos resistentes del suelo con respecto a los

momentos actuantes. Este método no requiere información sobre las propiedades esfuerzo-deformación del suelo.

El método de equilibrio límite supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla, es equivalente a un factor de seguridad igual a 1.0. Por otro lado, mediante un análisis de esfuerzo-deformación se puede modelar muchas de las propiedades físicas de un suelo.

En un análisis de esfuerzo por deformación se debe de tener en consideración lo siguiente:

Mantener el equilibrio de esfuerzos en cada punto, se logra empleando la teoría elástica que describe la relación entre los esfuerzos y las deformaciones.

Para predecir el nivel de esfuerzos y deformaciones en la masa de suelo se requiere conocer las propiedades elásticas de los materiales.

Algoritmo de Fellenius, planteo los métodos de equilibrio límite utilizados en la actualidad, se basan en el denominado método de las rebanadas o dovelas, propuesto por Fellenius (Figura 06), el cual consiste en dividir la masa de suelo potencialmente deslizante, en rebanadas verticales.

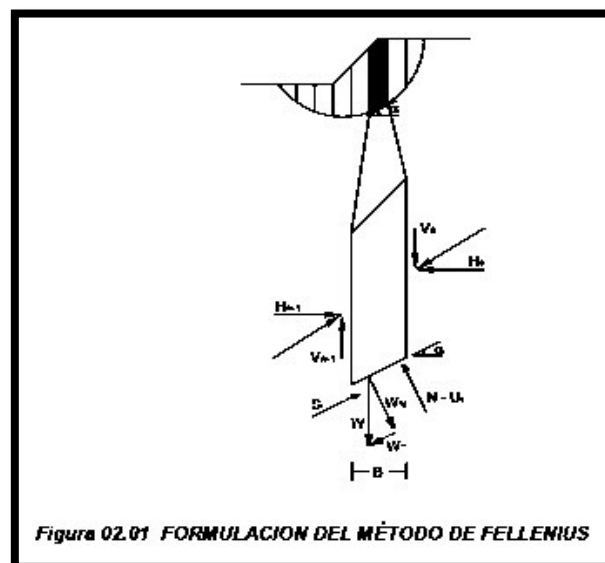


Figura 06. Esquema geométrica de Fellenius. Fuente: C. Lopez Jimeno

Una vez hecho esto, se calcula el equilibrio de cada una de las dovelas, para luego analizar el equilibrio global, obteniendo un Factor de Seguridad (FS), que se define como la relación entre fuerzas resistentes y fuerzas actuantes sobre la masa a deslizarse según sea el método.

En la figura 06, el peso de la rebanada (W) se descompone en una componente tangencial (WT) y otra componente normal (WN), paralela y perpendicularmente a su base. La componente tangencial WT origina una fuerza cortante, inducida a lo largo de la base de la rebanada, que se opone a la resistencia al corte del terreno (Si). Mientras que la componente normal WN, actúa perpendicularmente al plano de su base, la cual es disminuida por la fuerza producida debido a la presión de poros (Ui), se opone a la reacción normal del suelo que se encuentra en la base de la rebanada (N).

Las fuerzas V y H, con sus subíndices, definen la interacción entre las rebanadas, y es el resultado de las reacciones internas que establece la diferencia fundamental entre los métodos; en el caso Fellenius no considera estas fuerzas en el cálculo del Factor de Seguridad. Ello se da fórmula que sigue:

$$FS = \frac{\sum (c \cdot B + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot B) \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Dónde:

W: Peso de la dovela.

WN: Componente normal del peso de la dovela.

WT: Componente tangencial del peso de la dovela.

N: Reacción normal del suelo sobre la dovela.

U: Presión de poros.

Ui: Fuerza producida por la presión de poros.

B: Base de la dovela.

Si las circunstancias lo requieren es necesario considerar la incidencia de sobrecargas, fijas o temporales, las fuerzas de filtración a través de la masa de suelo y las acciones sísmicas.

Calculada el FS para una determinada superficie de falla, se repite el mismo proceso para otra superficie de falla, y en sucesivo hasta llegar a un mínimo FS, asumiendo que dicha superficie es la crítica y a través de la cual se producirá la falla.

El cálculo manual de este proceso es lento y tedioso, durante la utilización de un gran número de parámetros puede haber errores, si el valor del FS que hallamos finalmente es realmente mínimo, hay procedimientos para ir acotando progresivamente los FS, se necesita un número significativo de horas de trabajo manual para obtener un valor fiable.

El cálculo electrónico, el procesamiento instantáneo, y permite analizar un gran número de alternativas, por lo que el valor mínimo de FS puede acotarse dentro de un intervalo razonable aceptable en tiempo corto.

Algoritmo de Bishop método de las rebanadas o dovelas no es muy preciso para suelos friccionantes, Bishop (1955) propuso otro método, desarrollado para superficies de fallas circulares, considera la condición de equilibrio entre las fuerzas de interacción verticales actuantes entre las rebanadas. Suelos friccionantes ($\phi > 0$), la resistencia cortante depende de los esfuerzos confinantes, la condición de equilibrio de fuerzas verticales, las fuerzas normales se hace precisa..

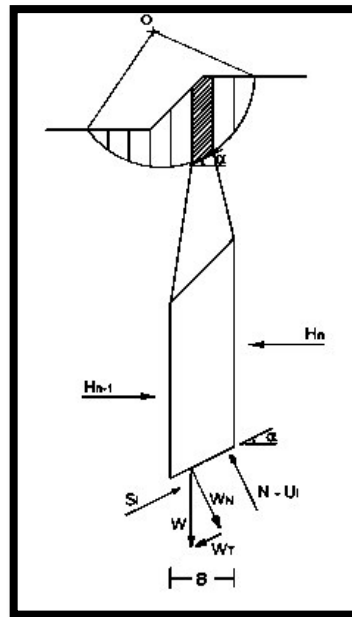


Figura 07: Esquema geométrico de Bishop. Fuente: C. Lopez

El cálculo de la metodología original se basa en buscar el equilibrio de momentos respecto al centro del arco circular que coincide con la superficie de falla; en la posterior versión modificada, se puede aplicar a superficies no curvas, teniendo que definir centros ficticios. Este es un método iterativo en el cual se parte de un Factor de Seguridad calculado de superficie falla.

$$FS = \frac{\sum \left(c \cdot B + (W - u \cdot B) \cdot \tan \phi / ma \right)}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Dónde:

W: Peso de la dovela.

WT: Componente tangencial del peso de la dovela.

WN: Componente normal del peso de la dovela.

N: Fuerza normal en la base de la dovela.

Hn, n+1: Fuerzas horizontales aplicadas sobre la dovela.

U: Presión de poros.

Ui: Fuerza ejercida por la presión de poros.

B: Base de la dovela.

c: Cohesión del suelo.

φ: Ángulo de fricción del suelo.

α : Ángulo de la superficie de falla en la dovela.

FS: Factor de seguridad.

Algoritmo de Jambu, método para utilizarse en las superficies no circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop, este método busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos.

Experiencias posteriores demostraron que la interacción nula en el caso de equilibrio de fuerzas era demasiado restrictiva, lo que obligó a introducir un factor de corrección f_o aplicable al FS. En la versión posterior modificada, se define una línea de empuje entre las rebanadas, y se buscan los equilibrios en fuerzas y momentos respecto al centro de la base de cada una.

La expresión matemática para el modelamiento numérico del algoritmo es:

$$FS = \frac{f_o \cdot \sum (c \cdot B + (W - u \cdot B) \cdot \tan \phi) / \cos \alpha \cdot m_a}{\sum W \cdot \tan \alpha}$$

Dónde:

W: Peso de la dovela.

U : Presión de poros.

B: Base de la dovela.

C : Cohesión del suelo.

ϕ : Ángulo de fricción del suelo.

α : Ángulo de la superficie de falla en la dovela.

f_o : Factor de corrección.

FS: Factor de seguridad.

Algoritmo de Spencer, método considerado riguroso. Supone que la interacción entre rebanadas actúa como una componente de empuje con un ángulo (θ) de constante inclinación, por lo que, mediante iteraciones, se analiza tanto el equilibrio de momentos como de fuerzas en función a ese ángulo (θ), hasta hacerlo converger a un valor, calculando entonces el FS correspondiente. Es aplicable tanto a superficies de fallas circulares como generales.

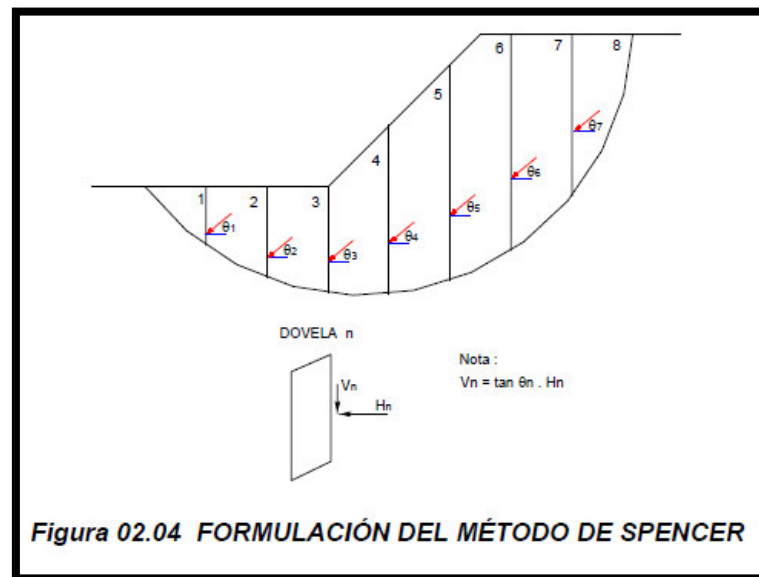


Figura 08: Esquema geométrico de Spencer. Fuente: C. Lopez Jimeno

Algoritmo de Morgenstern y Price, método similar al anterior, es de aplicación general, y se basa en lograr el equilibrio de momentos como de fuerzas. La gran diferencia se debe a que la interacción entre las rebanadas viene dada por una función, la cual evalúa las interacciones a lo largo de la superficie de falla.

2..4. Elementos de la gestión por procesos

- Entradas
- Salidas
- Interacciones

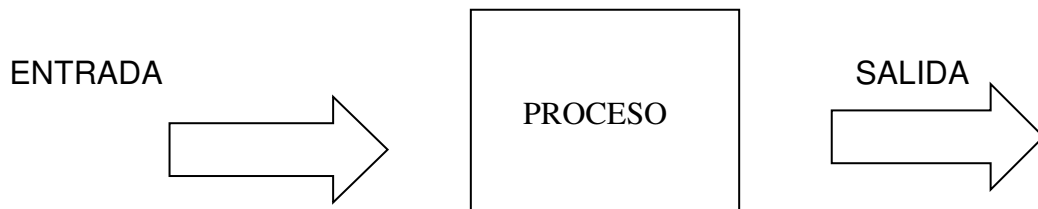


Figura 09. Representación gráfica de un proceso. Fuente: Diseño del Autor

Etapas de la gestión por procesos

a. Establecimiento de procesos:

- Identificar los procesos
- Representación gráfica de los procesos y sus interacciones

b. Análisis de procesos

- Definir objetivo del proceso y responsable
- Especificar los límites de cada proceso (alcance) y sus interacciones
- Definir las actividades de cada proceso
- Identificar los recursos necesarios de cada proceso

c. Diagramas del proceso:

- Diagrama de flujo del proceso
- Identificar relación entre procesos

Estructura de los procesos

Los procesos se deben estructurar e interconectar con otros, conformando una interrelación sistémica. Generalmente la salida de un constituye la entrada de otro y así sucesivamente se representan como sigue:

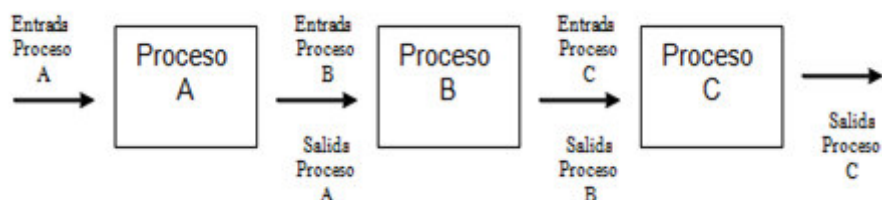


Figura 10. Interrelación de procesos, fuente ISO 9000

Diagrama del proceso, describe de manera gráfica el modo en que las personas desempeñan su actividad laboral, al ser esta; una representación de los fenómenos de las relaciones entre los elementos que constituyen un conjunto.

La representación gráfica de los procesos está dada por AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI.

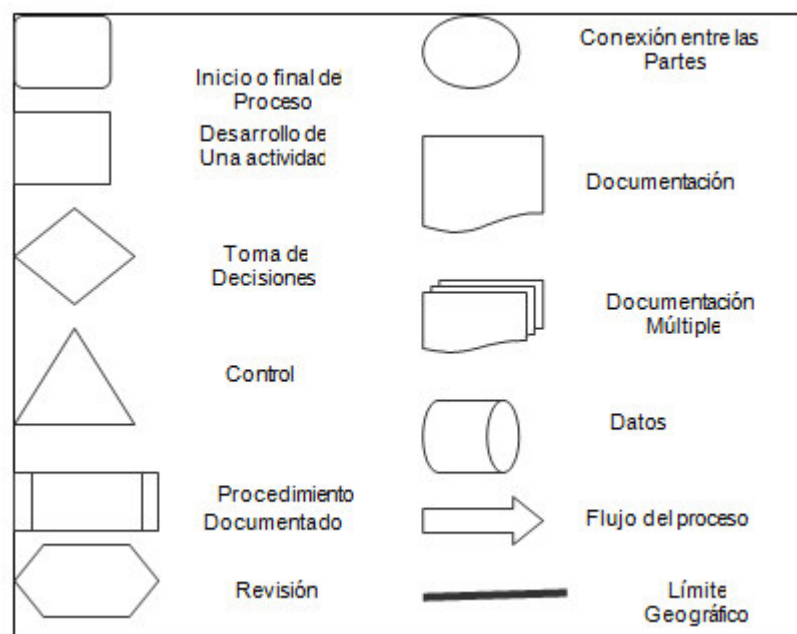


Figura 11. Elementos estándares de diagrama de flujo de procesos. Fuente: ANSI

Clasificación de los procesos

Procesos operativos, son aquellos que con los cuales una organización diseña, produce, posiciona en el mercado y entrega productos o servicios.

Procesos gerenciales, conjunto de actividades con las cuales una organización gerencia el diseño, producción, mercado, entrega de sus productos y servicios.

Procesos de apoyo, son aquellos procesos que soportan el diseño, la producción y el mercadeo de productos, la figura 122 muestra la interrelación de sus clases:

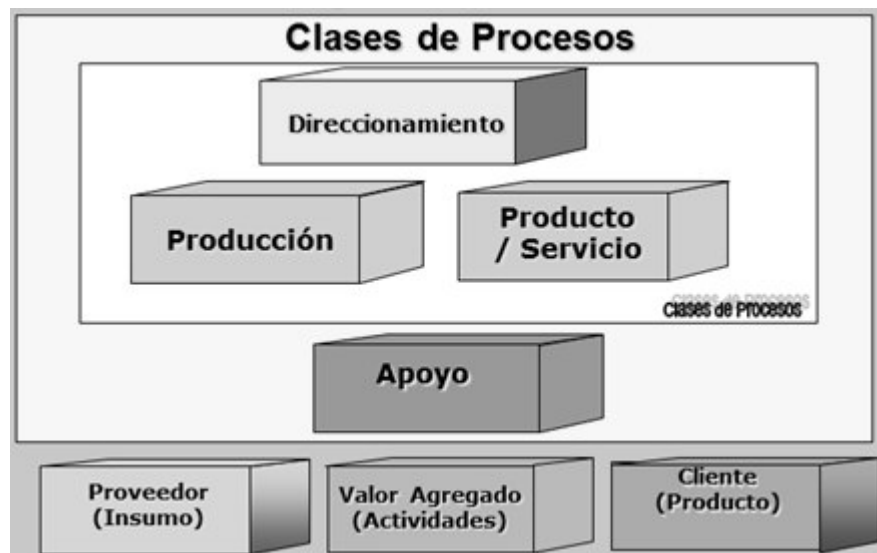


Figura 12. Clasificación de procesos, fuente: ISO 9000

Formatos de los procesos, actividades que se deben analizar en forma detallada en cada una de sus partes, un proceso general puede descomponerse en una secuencia de procesos hasta llegar a los procedimientos, ver figura que sigue:

FICHA TECNICA DEL PROCESO

FICHA DE PROCESO -					CODIGO	
PROCESO				DEPARTAMENTO		
QUE REALIZO?						
ALCANCE						
EMPIEZA						
TERMINA						
PROVEEDORES				ENTRADA		
CLIENTE				SALIDA		

Cuadro 01. Ficha técnica de proceso. Fuente: Norma Iso 9001

Diagrama de flujo de procesos, representación gráfica en al que se realizan las actividades necesarias para desarrollar un proceso. Las ventajas que tiene la realización de un diagrama de flujo están.

- Fácil comprensión, detección oportuna de oportunidades, problemas del proceso y buena capacitación al nuevo personal

Beneficios de la gestión por procesos, forma de gestionar de la organización basándose en los procesos, entendiéndose estos como una secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una entrada para conseguir un resultado, y una salida que produce benéficos para la empresa tales como:

- Implantación de un sistema que permita operar con procesos definidos y documentados, controlados que permitan la obtención de productos con calidad, atender necesidades, requerimientos del siguiente macro, estructurar la organización que se maneja, comprometer a todos los

miembros de la organización y generar valor agregado en todas sus fases.

Características de la gestión por procesos. Según Senlle (1995), “conjunto de actividades coordinadas para establecer la política y objetivos para la consecución de la administración basada en procesos”, la gestión por procesos es la forma de dirigir, orientar y organizar a la empresa, esto implica lo siguiente:

- Las limitaciones de la organización funcional vertical, reconocer su existencia interna, identificar los relacionados con los factores críticos, medir su actuación, identificar las necesidades del cliente externo, entender las diferencias de alcance entre su mejora ¿qué? y ¿para quién? se lo hacen, asignar responsabilidades personales, establecer en cada uno, indicadores de funcionamiento, objetivos de mejora, mantenerlos bajo control, con estadística, mejorar de forma continua su funcionamiento y medir el grado de satisfacción del cliente interno o externo.

Objetivos de la gestión por procesos, sistema de gestión de calidad, las actividades principales son:

- Aumentar los resultados de la empresa para conseguir niveles, incrementar la productividad, reducir los costos internos innecesarios y cortar los plazos de entrega

Gestión por procesos, gestión de calidad, de uso con mayor frecuencia en las compañías, tanto en los sectores de productos como en los de servicios. Detrás del término "calidad" se ocultan muchos conceptos. La calidad se puede definir como el conjunto de rasgos y características que se sustenta en la capacidad para satisfacer necesidades expresas e implícitas. (Llorens y Fuentes, 200)

De acuerdo a del Río (2006), la calidad es un concepto que encierra siempre una subjetividad. Alguien tiene que fijar los patrones de comparación que definan las características que debe tener un producto

para considerarlo de calidad.

Calidad dentro de un entorno empresarial orientado al producto o a los procesos productivos se entiende como, aptitud para el uso o conformidad a normas y especificaciones.

Cuando se trata de calidad total, los métodos tradicionales de homologación no son suficientes. Es necesario asegurarse no sólo de unas determinadas características del producto o del fabricante, sino también de los requerimientos del cliente. La empresa estará realmente en posición de ofrecer, y seguir ofreciendo en el futuro, los productos con las características que se especifican, cumplir con la entrega que se promete y la atención que el cliente espera, es decir, Calidad Total.

El concepto de calidad deja de circunscribirse a las características de un producto y comienza a abarcar toda la relación empresa - cliente. Se centra más en la presencia de valor que es la ausencia de fallas, percibido por el cliente. El concepto de calidad alcanza a todo aquello que la empresa hace, o que va a hacer, para satisfacer cada vez mejor al cliente. Cabe entonces hablar de calidad en un triple contexto:

- Calidad del producto como uno de sus atributos, cumplimiento de las especificaciones propias de cada producto, calidad de servicio, atención al cliente en la medida en que contribuye a satisfacer las expectativas del cliente aumentando el valor agregado percibido por el cliente, con procedimientos orientados hacia la satisfacción del cliente con una gestión coherente de recursos o personas, la calidad de gestión influye en la percepción del cliente a través del desempeño del personal; se manifiesta en la adopción de estrategias, elaboración de políticas y diseño de la estructura que permita efectuar las actividades para la consecución del objetivo empresarial.

El aspecto organizacional, de acuerdo a Taylor (1895), el origen de las estructuras tradicionales se basa en la fragmentación de procesos naturales, producto de la división del trabajo, y posterior agrupación de las tareas

especializadas resultantes en áreas funcionales o departamentos. En estas estructuras tradicionales; ningún director de área es el único responsable del buen fin de un proceso, ya que la responsabilidad está repartida por áreas y en una misma transacción intervienen varias áreas. Así le tocaría a la dirección general responsabilizarse de ello. Si se resume, en la gestión tradicional la dirección general tiene que intervenir con mucha frecuencia en procesos completos, debido a que en un mismo proceso intervienen muchos departamentos o áreas con distintos responsables, cuya única coordinación puede conseguirla la alta dirección. Además en este tipo de organizaciones, la adaptación a los requerimientos del cliente suele ser más lenta y más costosa, lo cual repercute directamente en la competitividad y productividad de las empresas, en la gestión por procesos, el significado más acertado para el concepto calidad es: lo que el cliente espera recibir por lo que está dispuesto a pagar en función del valor percibido.

Enfoque por procesos

Establece como punto de partida la configuración o establecimiento de los macro-procesos, en el presente estudio desarrollaremos para la parte operativa que es el Ciclo de Minado para la extracción de minerales, el siguiente grafico (Figura 13), establece el macro-proceso operativo comprendido de la siguiente manera:

Los macro-procesos son actividades claves que se requieren para manejar una organización, es decir, es una agrupación de varios procesos.

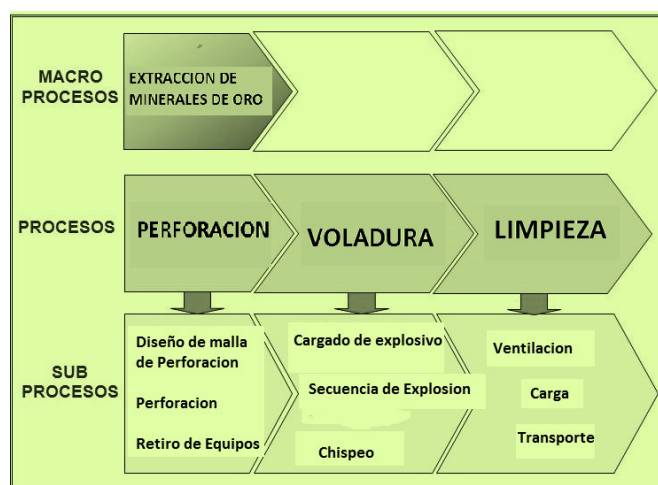


Figura 13: Macro procesos de extracción de minerales Fuente: Diseño del autor

Describimos brevemente los procesos para definir la entrada y la salida (Input, Output), que se requiere analizar, entradas son los recursos e insumos y la salida es el producto final que se logra en el proceso, en este caso obtenemos el mineral extraído que abastecerá a la planta de beneficio del mineral, los procesos serán descritos en una ficha técnica donde se detallará el área responsable de la actividad operativa, los puntos iniciales donde empieza y termina el proceso y, sus principales proveedores de insumos así como sus clientes, luego de presentar la ficha se mostró el flujograma que describe con detalle el desarrollo del proceso.

Lineamiento operativo, actividad que consiste en utilizar las tecnologías de punta en los procesos de extracción de minerales debido al alto costo de los equipos, maquinarias y accesorios que se requiere en cada frente de extracción. Las diferentes evoluciones que presenta la tecnología y el mercado dentro del ambiente de negocio, implica la adaptabilidad inmediata a los cambios en la tecnología, necesidades de la planta de tratamiento del mineral, ratio de recuperación y estabilidad económica con varios escenarios que hacen que las empresas mineras se alineen hacia el aprendizaje dinámico, este continuo cambio, hace que el alineamiento operativo en los procesos de extracción de la organización minera sea parte esencial de las estrategias del proceso de extracción, donde la gestión por procesos facilita el flujo de la información así como el control de cada actividad operativa del ciclo de minado. **El concepto de alineamiento operativo se origina bajo el criterio que para lograr la producción o extracción de minerales como resultado que busca la empresa alcanzar, es necesario armonizar efectivamente** los esfuerzos de los actores en cada operación unitaria del ciclo en las unidades mineras, el área a cargo, los procesos de extracción y los recursos humanos.

El concepto de alineamiento operativo es primordial, ya que permite a la Gerencia de operación, superintendentes, jefes de guardia y supervisores de cualquier nivel de la organización tener la capacidad de, sincronizar los esfuerzos de las unidades de operativas de extracción, procesos y aéreas funcionales, a la producción planificada a corto plazo y el planeamiento

estratégico de la producción, vincular el trabajo diario de los mineros al beneficio de los resultados primordiales de la mina, dirigirse principalmente a las necesidades de producción continua con ley de corte uniforme del mineral extraído para abastecer con mineral de calidad a la planta de la empresa minera, que influirá en el bienestar de los operadores de la siguiente cadena productiva de procesamiento del mineral.

Este alineamiento operativo, no es una meta a seguir, sino un proceso continuo que requiere constante y rápido re-alineamiento, lo que nos garantizará la excelencia operativa de los procesos de extracción de mineral dentro de la unidad minera. Para poder alcanzar el alineamiento en los procesos operativos de extracción de mineral es necesario analizar y realizar eficientemente las siguientes cuatro etapas, enfoque operativo, alineamiento horizontal, alineamiento vertical e integración de los procesos

Alineamiento o sincronización de los procesos de la cadena productiva como parte de la cadena de valor en la empresa minera para llegar al logro de la estrategia y la propuesta de valor para los principales accionistas.

Para el caso específico de los procesos de extracción de minerales, lo fundamental en este alineamiento es sincronizar el funcionamiento operativo de todos los procesos de extracción de la unidad minera como: Perforación, Voladura, limpieza y transporte.

Existen dos puntos claves para el alineamiento, por un lado está el ver la organización como un permanente flujo de procesos que trabajan en conjunto para cumplir la producción, y luego ver las fronteras de dichos procesos como un vínculo que relaciona al siguiente ciclo operativo, en donde cada paso que se da es una necesidad para cumplir la meta programada que se pueda satisfacer, y lograr satisfacer las necesidades de los consumidores del mineral extraído.

El alineamiento garantiza que la estrategia de la empresa y las exigencias de la planta de tratamiento sean traducidos a requerimientos satisfechos por la siguiente cadena de procesamiento de minerales, esta garantía tiene fundamentado, su cumplimiento de entrega de mineral de calidad previa

cubicación que se ha realizado mediante el modelamiento geológico, que establece las leyes de mineral así como el volumen de mineral existente, ello define la producción continua en el periodo de tiempo.

Gestión y el enfoque basado en proceso permite analizar la gestión de las organizaciones, sin dejar de tener en cuenta que fueron creadas para lograr objetivos mediante las actividades que realiza. Este enfoque gestiona de forma horizontal, es decir, en un mismo proceso alcanzan a intervenir empleados de diferentes departamentos de toda la empresa minera, en este caso todo el personal de la empresa debe intervenir y conocer los procesos del ciclo de minado que es actividad estratégica clave de la empresa.

Este enfoque permite alcanzar una visión importante de la empresa, de continua secuencia de macro-procesos y procedimientos para el logro de objetivos, buscando principalmente la coherencia entre lo que se dice, lo que se hace y lo que se obtiene. Existen cuatro etapas para gestionar los procesos:

Identificación y secuencia de procesos, descripción de los procesos, ficha de procesos y diagrama de procesos

Procesos son una secuencia de actividades que tienen por objeto lograr algún resultado que genere valor para el cliente. De esa manera un producto o servicio no puede realizarse sin un proceso y un proceso no puede existir sin un producto o servicio.

Los procesos se dividen en tres características, **operativos**, hacen posible, satisfacer las necesidades de los clientes y hacen realidad la misión de la empresa, **estratégicos** permiten crear o mejorar la planificación y demás actividades relacionadas con el planeamiento estratégico de la organización, **apoyo** son los procesos que soportan el desarrollo de los demás procesos, incluyendo herramientas financieras y logísticas necesarias en la organización.

Cuando se va a realizar un proceso se le puede hacer vertical u horizontal, los procesos verticales describen de principio a fin una actividad sin relacionarse con otra, los procesos horizontales detallan la secuencia de

actividades relacionadas con distintos departamentos.

Diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia en la que se realizan las actividades necesarias para desarrollar un proceso. Este diagrama permite visualizar gráficamente todas las actividades que forman parte de un proceso, estableciendo una secuencia cronológica de cómo deben ser realizadas las actividades, las ventajas que tiene la realización de los diagramas de flujos están:

Fácil comprensión del desarrollo del proceso, detección oportuna de problemas y oportunidades de mejora del proceso, es buena herramienta de capacitación para los nuevos empleados sobre el manejo del proceso.

2.5. Elementos del modelo geológico

Punto

Es el elemento base o principal de los modelos de terreno digital cuyo almacenamiento como datos punto el ordenador lo hace en un archivo estándar.

Punto elemento base o principal de los modelos de terreno digital cuyo almacenamiento como datos en el ordenador lo hace en un archivo estándar.

Uso de Puntos para el sistema operativo Windows de las computadoras los puntos se pueden cargar desde un archivo de extracción, asimismo se pueden mostrar puntos en la pantalla usando los caracteres de los símbolos, valores numéricos, cruces y esferas (figura 14).

Símbolos este método muestra un símbolo redondo en cada posición de punto, el tamaño del símbolo es constante, y se define por el atributo de la altura del texto.

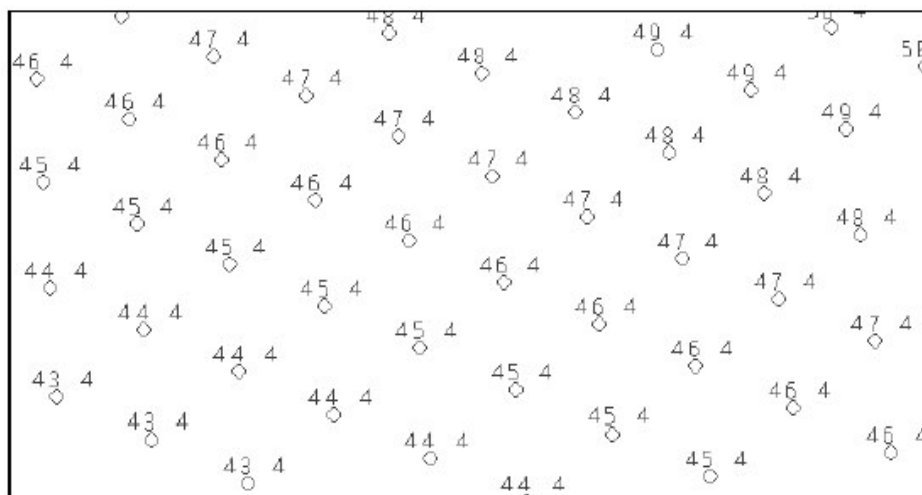


Figura 14: Vista de puntos a través de símbolos en ordenador. Fuente: Manual de GEMS

Valores, muestra los valores del campo del punto de extracción seleccionado en la posición de cada punto. Se puede controlar la altura del texto y el número de lugares decimales para cada valor (figura 15), el color de cada cadena de valores es controlado por la combinación del contorno.

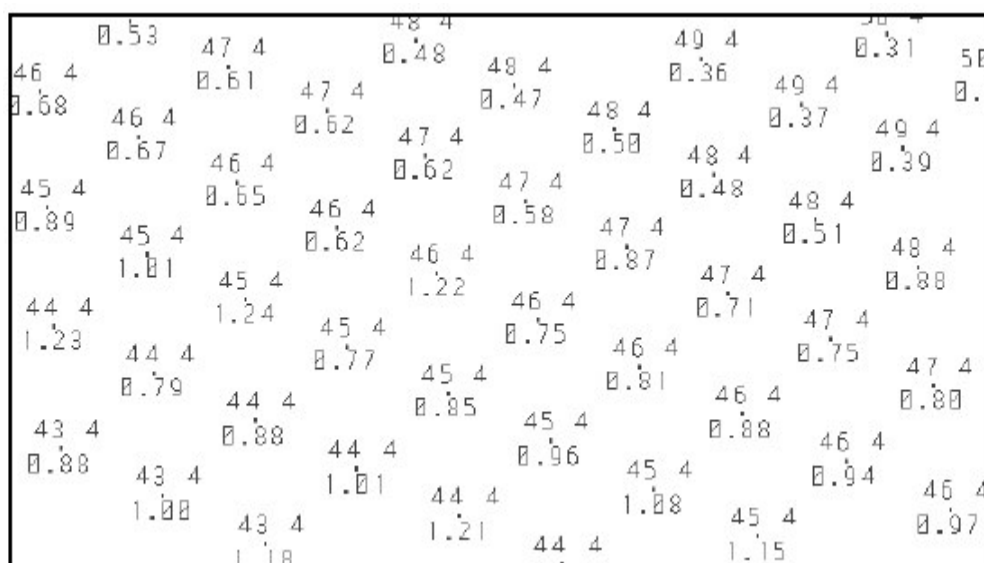


Figura 15: Muestra el valor de puntos. Fuente Manual de Gems

Cruces, método que muestra una cruz en cada posición de punto. El tamaño de la cruz o aspa es constante (figura 16).

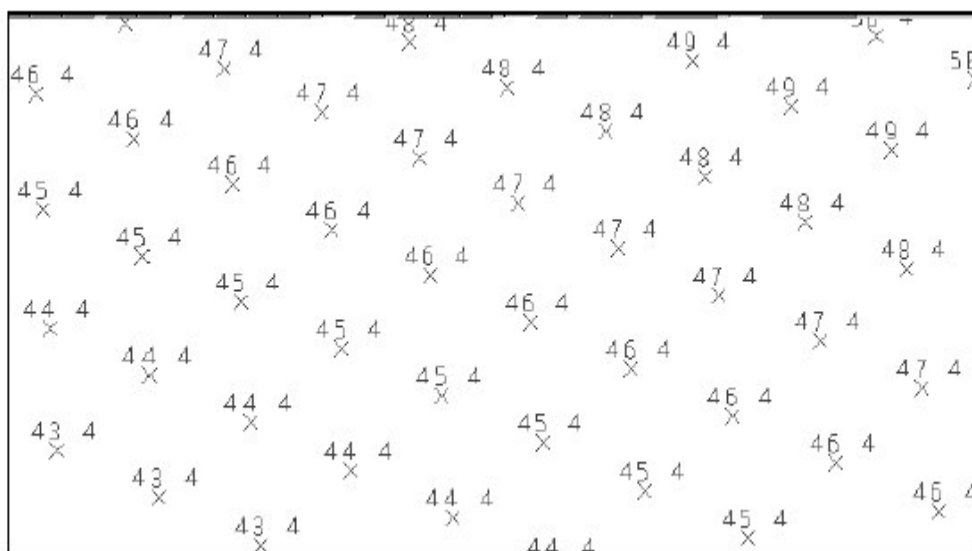


Figura 16: Muestra de puntos utilizando cruces. Fuente manual de Gems

Esferas

Método que crea una esfera en la posición de cada punto. El tamaño es determinado por un factor de escala en cual es aplicado a uno de los campos del archivo de extracción. Un factor de resolución determina cuántos puntos se usan para definir el contorno de la sección cruzada de la esfera (Figura 17).

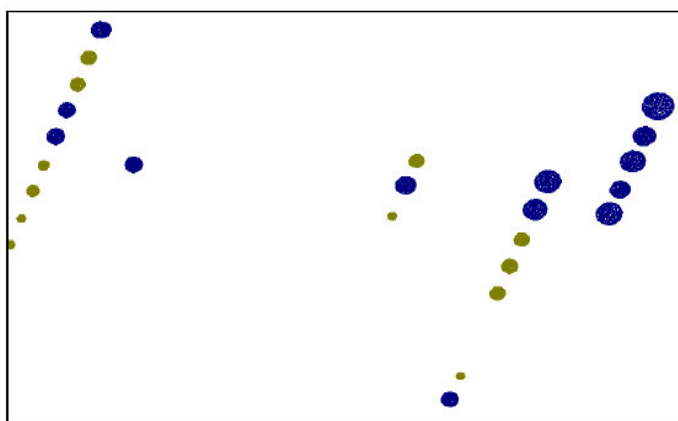


Figura 17: Muestra de puntos a través de esferas. Fuente: manual de gems

La unión de puntos consecutivamente o en forma sucesiva crea en los modelos digitales, las formas de las líneas, superficies y sólidos que en la interpretación de términos de modelamiento se pueden considerar como:

Contorno topográfico o líneas características, líneas de diseño del tajo abierto, contactos litológicos en planta o secciones, estructuras geológicas como fallas en planta o secciones, contornos del cuerpo mineral en planta o secciones, líneas de lazo entre poli líneas, líneas centrales de labores subterráneas, perfiles de taludes en planta o secciones, las poli líneas siempre se guardan en las coordenadas 3D, pero puede ser creado en las coordenadas locales 2D vista en planta, en este caso, los sistemas de modelamiento para Windows transformarán automáticamente las poli líneas 2D en datos en 3D.

Línea, Es el resultado de la unión de puntos, cada línea puede representar a un contorno o líneas de figuras que son usados para definir los cambios en la elevación topográfica de un plano o mapa. Para cada aplicación se asigna un "tipo de la línea" para denotar su uso; un color de línea, un estilo de la línea; y un tipo del símbolo a ser usado. Cada estado de línea es también asignado a un vista planta (Figura 18).

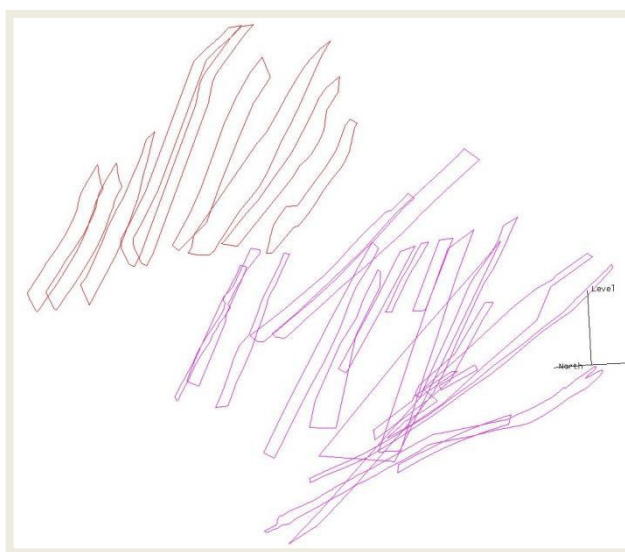


Figura 18: Vista de los estados de línea en 2D, fuente: Data mine

Polilíneas

Se clasifican en tres tipos de gran importancia en modelamiento.

Anillos 3D. Estos tipos se usan para definir límites de contacto litológico, o las fronteras del yacimiento en vistas planta o secciones. Cada

polilínea se asigna una característica del tipo de roca, el mismo que es asignando a una vista en planta. (Figura 19).

- **Líneas de enlace.** Éstos son tipos de las líneas especiales que se usan exclusivamente para el modelado de los sólidos. Las líneas de lazo se usan para conectar anillos 3D que se encuentran entre dos planos distintos. Las líneas de enlace no tienen ningún atributo o característica.

- **Recortes de Polígonos.** Éstos son polilíneas de cerrados especiales usados para las regiones aisladas de datos gráficos para selección o realizar el levantamiento.

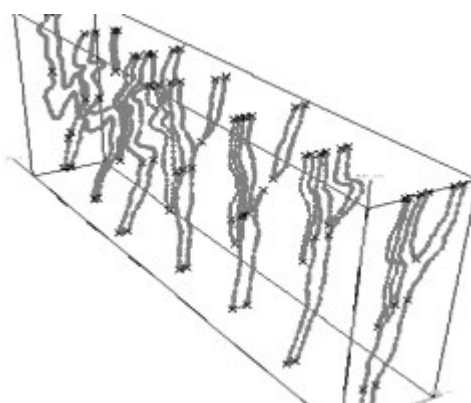


Figura 19: Vista de polilíneas tipo anillo en 3D. Fuente Datamine

Cada uno de estos cuatro tipos de polilíneas se crean, se leen, y se escriben separadamente. Una vez cargado en la memoria, virtualmente todas las operaciones habituales de polilíneas pueden llevarse a cabo en cualquier tipo de polilínea. (Ver figura. 19)

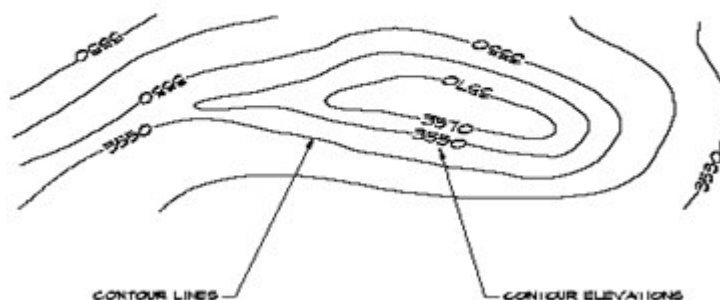


Figura 20: Líneas de contorno. Fuente: Gems

Superficies, las poli líneas y puntos son superficie o modelos de superficie generado usando las redes irregulares de triangulación, cuya acción de visualizar se distingue claramente por la tonalidad de sus colores (figura 21).

El diseño de los modelos de superficie permite realizar lo siguiente:

Crear superficies de las combinaciones de la perforación activa que se interceptan, puntos y poli líneas, contorno de superficies, intersección de superficies con otras superficies o sólidos, crear superficies de elevación en cuadrículas de superficies.

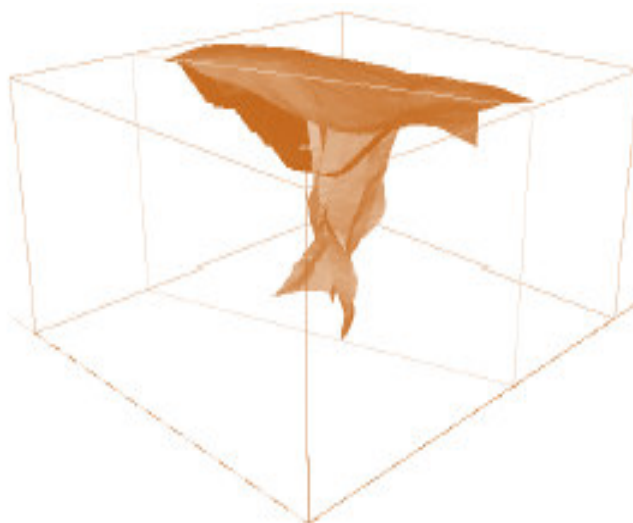


Figure 21: Selección de superficies. Fuente: GEMS

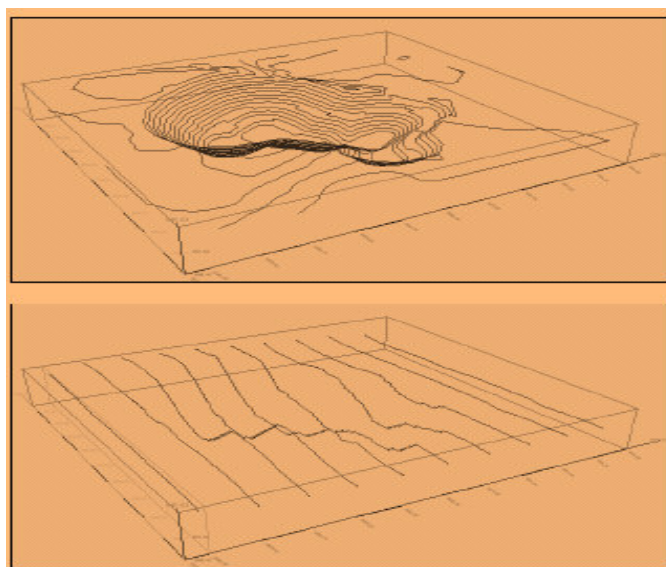
Pueden usarse superficies para representar las superficies topográficas como las originales, en mina, diseños de mina, diseños de descarga; y estructuras de la sub – suelo, como estructuras geológicas, fallas o contactos litológicos.

Modelo de superficies, crear las superficies implica el uso de datos activos que consisten en puntos discretos (como la intersección de taladros largos, alturas de la mancha, o localización de la muestra) y poli líneas que representa las fracturas en inclinación (como los contornos de la superficie, cresta de las líneas de banco, o el pie de la línea de banco).

El proceso de creación o modelación de superficie usa el método llamado triangulación que incluye la construcción automática a partir de los datos de una red de triángulos, con cada punto de los datos forma el vértice de un

triángulo. Los bordes de los triángulos pueden hacerse en cualquier orden del poli líneas formadas con los datos fijos (conocido como el orden de las fracturas), o pueden ser orientados para minimizar el tamaño de los triángulos.

Las líneas del contorno son las poli líneas de intersección entre la superficie que esta contorneado y los planos paralelos, las líneas del contorno se guardan como poli líneas, para que una vez que se hayan creado, puedan revisarse, aplanarse, manipular o usar de la misma manera como cualquier otra poli línea, Las superficies también permiten definir los planos de varias maneras



- *Figura 22: Contornos y vistas del plano (arriba), y secciones verticales (abajo). Fuente: Gems*

Sólidos o Wireframe

En modelamiento de sólidos, destacan dos tipos de sólidos, uno de ellos es lo solido geológicos que representan las zonas de material homogéneo, como un código de roca, o una zona de la mina; y la otra los sólidos de excavación que representan vacíos que se ha excavado. Ambos tipos de sólido se construyen de la misma manera, y puede verse y visualizarse de la misma manera. Sin embargo, ellos se tratan diferentemente cuando los sólidos son usados para calcular las reservas.(ver Figura 23).

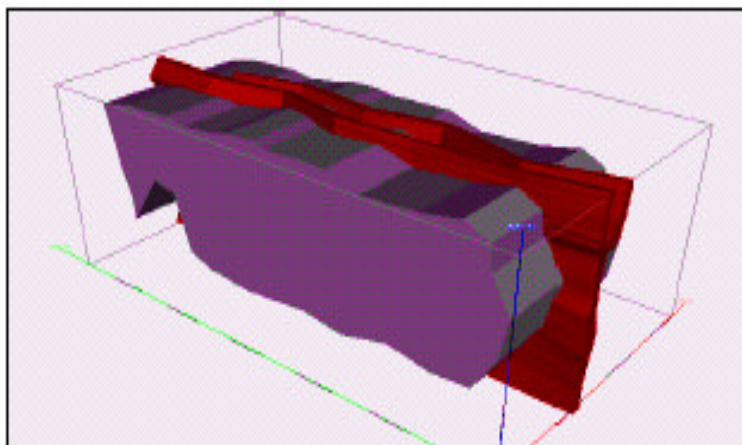


Figura 23: Modelamiento de sólidos. Fuente. Gems

Vistas

Pueden visualizarse los datos activos o pueden usarse para la mayoría de las operaciones o procesamiento. Activar un objeto ya sea solido o superficies o la combinación de ambas, generalmente presentan vistas como la que se observa líneas tipo alambre, las intersecciones de estas y el wireframe del solido (ver figura 24).

. Los puntos inactivos y polilineas, cuando son visibles, a menudo trazados en un color más débil que los datos activos. Las superficies y sólidos nunca son visibles a menos que estén activos. Se puede escoger mostrar o ocultar la mayoría de los tipos de datos activos o desactivo cargados. Ocultar no descarga ni desactiva los datos, éste, simplemente lo hace invisible. Recíprocamente, los datos visibles no son necesariamente activo o está disponible para ciertas operaciones.

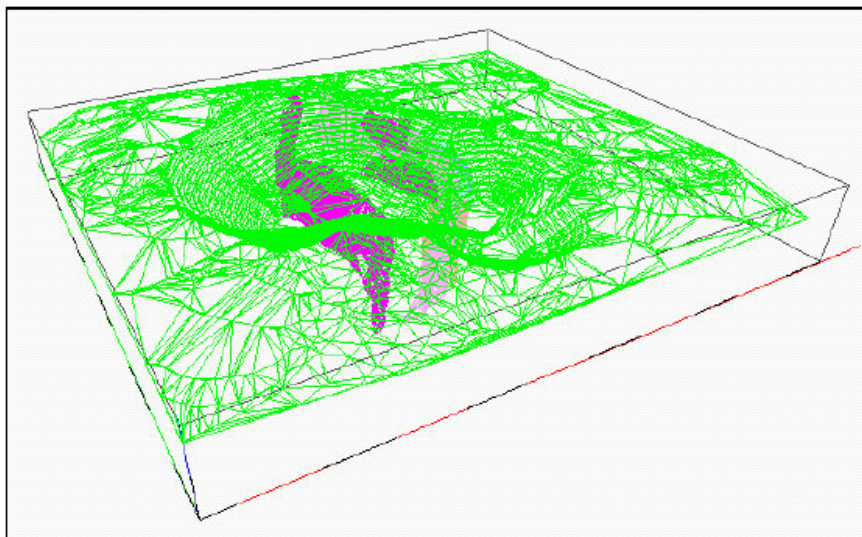


Figura 24. Vista alambre de datos digitalizados y wireframe. Fuente: Gems

Modo 3D de Visualización.

Los sistemas permiten ver los datos en 3D, en una de las dos formas:

Modo (Normal) “Alambre-marco”. Este modo es frecuente usado para operaciones de edición de datos y modelado (vea Figura 99.3). Los datos se muestran sin línea oculta o superficie topográfica oculta, y todas las caras de la superficie triangular (modelos de la superficie o modelos de sólido) son completamente transparente.

Modo Re delineado (Renderizado -suavizado). Este modo normalmente es la mayoría usado para el despliegue de datos y propósitos de copias difíciles (Figura 25). Todos los datos se muestran usando de relleno líneas oculta y la superficie oculta muestra el levantamiento. Todos las caras triangulizadas (modelos de superficie y modelos de sólidos) son re delineadas usando colores configurados como de fuente simple definidos por el usuario. El nuevo trazo o re delineado es realizado por el software y es sumamente rápido.

En ambos casos, se asignan las direcciones de vista usando el concepto de una posición de la cámara, que es el punto de vista y una posición designada, qué se usa como el centro de la vista. El campo de vista se

define usando una distancia focal para una lente imaginaria que usted está mirando a través de ella. Usted puede modificar todos los parámetros de vista interactivamente para dar vuelta la vista alrededor de ella con el ratón, escogiendo la cámara y las posiciones designado con el ratón, o definiendo la vista explícitamente con los parámetros respectivos.

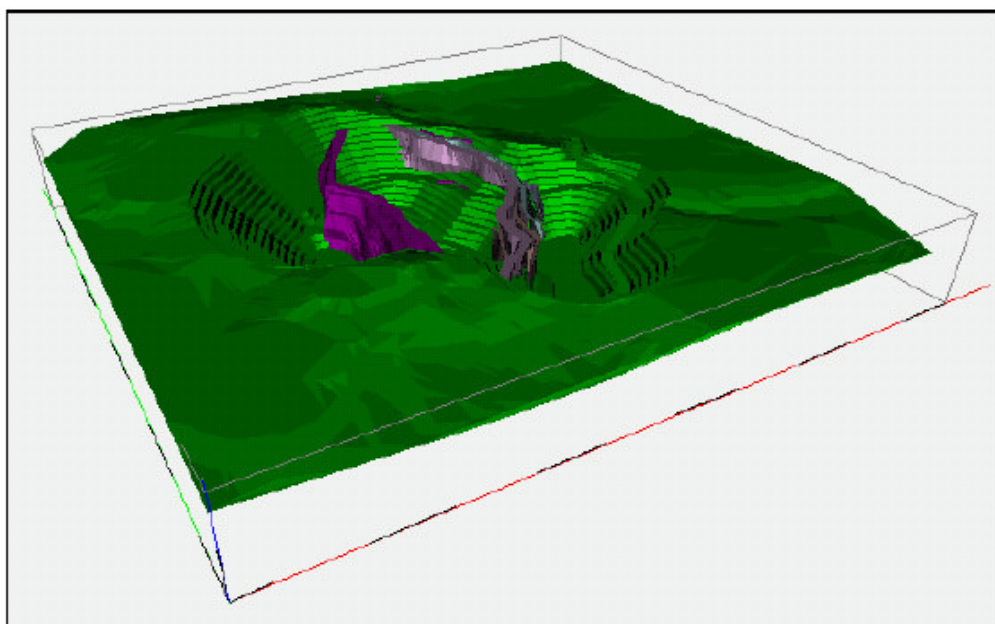


Figura 25. Vista renderizada y la unión de puntos con una vista delineada. Fuente: Gems

Geometría del modelo de bloque

Los parámetros geométricos de un modelo de bloque (incluso la localización, orientación, número de bloques, y dimensiones del bloque) son llamados a la vez la columna de la geometría Específica, fila, y niveles de índice singularmente identificado como una celda dada (i, j, k) en la geometría. Esta celda abarca un volumen específico de material. Cualquier tipo de datos de modelo de bloque asignados a la celda (i, j, k) se refiere al material contenido en esta celda.

Dependiendo de la naturaleza del depósito o yacimiento que se va a modelar, se puede escoger entre dos tipos de geometría de modelos de bloque (Figura 26): Ortogonal (donde la base de cada capa vertical es suave) o Veta (donde la base de cada capa puede variar en la elevación.)

Una geometría Ortogonal con espacios de capa uniforme (cada bloque a la misma altura) es llamado regular.

Sin tener en cuenta la geometría, el ancho de la fila y ancho de la columna están siempre uniformes y todos los bloques individuales son ortogonales.

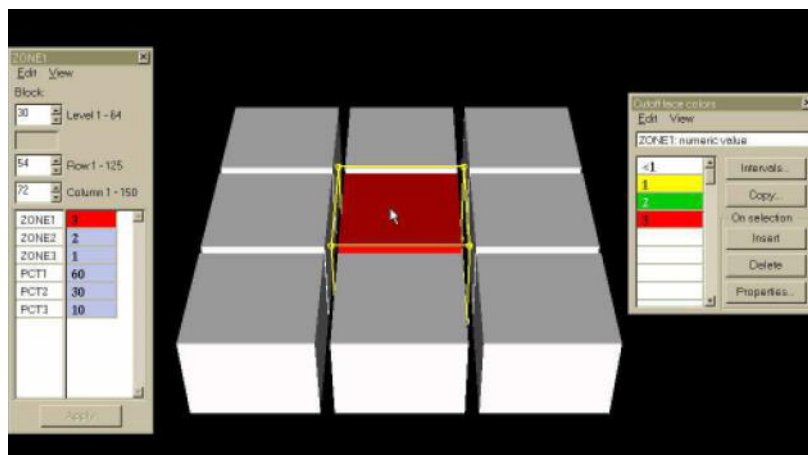


Figura 26: Modelo de bloque en 3D. Fuente:Minesight

El objetivo de ajustar un modelo teórico de bloques es disponer de una ecuación, la cual se utilizará en los cálculos de cubicación. En general, los sistemas de ordenadores trabajan exclusivamente con el modelo teórico para el cálculo de la ley de mineral promedio o estimado en un bloque.

Modelo económico

Para calcular y crear el modelo económico a valor monetario en cada celda del modelo de bloque se debe ingresar parámetros económicos al modelo de bloques, este cálculo depende del ciclo de minado y proceso de producción específicamente el costo unitario del tonelaje extraído del mineral dependen de estas variables económicas, el análisis de costos y presupuesto así como los índices de ganancias proyectadas en el planeamiento de minado, el mismo que se debe aplicar en el proceso de minado de los minerales con valor económico.

La valoración económica de un yacimiento minero del que se va a extraer mineral aurífero es uno de los resultados claves de un estudio de evaluación de recursos, cuando todas las características principales del modelo económico han sido considerados en el modelo de bloque entonces se ha

creado la relación de datos de costos específicos, los tipos de rocas, la ley de corte, la naturaleza de la roca entonces, el modelo económico evalúa y proyecta para escenarios diferentes el costo de minado por tonelaje que se producirá en el frente de extracción del mineral, este análisis económico nos permite realizar un análisis de sensibilidad para minimizar costos y optimizar la producción a bajo coste.

En un modelo económico de bloques se pueden asignar diferentes estructuras de costos para diferentes tipos de rocas, esto puede ser según el código de rocas que se ha consignado en el diseño del modelo de bloque y pueden ser óxidos o sulfuros que al analizar tienen diferentes curvas de costos en el proceso de extracción del mineral de oro, estos pueden ser definidos en diferentes perfiles de costos y procesados por separado cuando construimos el modelo del bloque económico.

El modelo económico se construye después de que todos los otros modelos han sido diseñados y construido, el modelo contiene un factor económico para cada bloque calculado y a partir de estos datos se puede determinar la siguiente información:

Determina una base para el costo del minado por volumen el mismo que está en relación a la geometría del bloque, tipo de roca y tipo-dependientes de roca asociada a los costos de la minería, una extensa alternativa de costo si el bloque se puede clasificar como veta, que está en función de leyes del bloque, ley cut-off y minerales primarios, esta opción consiste en costos de procesamiento o administrativo de cabeza y es calculado por tonelada de veta, un índice de costo final para tener controlada la distancia de acarreo de mineral, este costo es determinado como una función de la localización del bloque y coste de acarreo; y asigna a cada bloque un ingreso de bloque que es dependiente de las leyes, los ingresos del producto y recuperaciones.

Los valores negativos del costo minero, y el ingreso de bloque con valor positivo se combinan para formar el factor económico, si el resultado es positivo, entonces el bloque es pagable; si es negativo, el bloque no es económico.

Modelo Geológico (Wireframe)

El cuerpo mineralizado es controlado litológica y estructuralmente. La alta ley está alojada en la sílice residual y en estructuras. En minería superficial se encuentra por lo general a una profundidad que va entre 40 a 140 metros tal como se aprecia en la (figura 27).

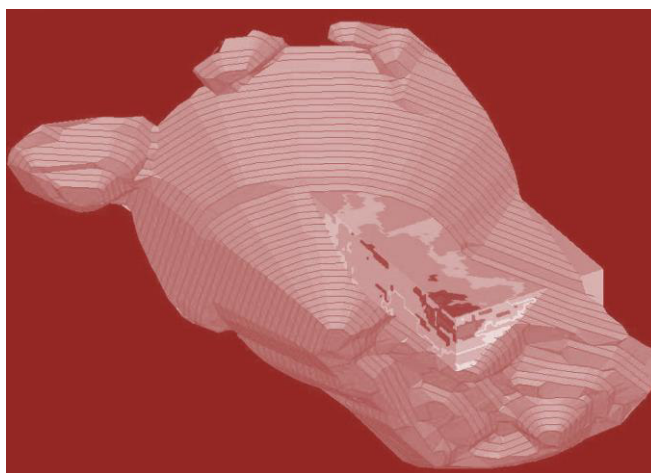


Figura 27. Wireframe del modelo geológico en open pit. Fuente: Minesight

El sólido del modelo geológico en minería subterránea por lo general se presenta en una estructura filoniana, donde adopta formas muy extremas tal como se observa en la figura 28.

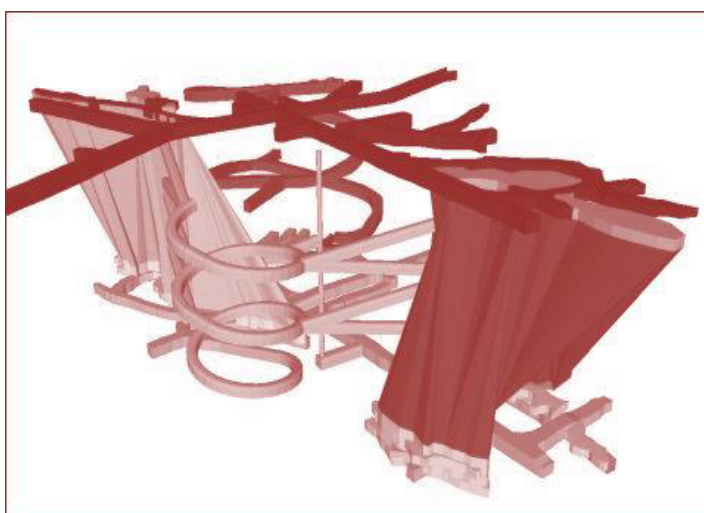


Figura 28. Wireframe del modelo geológico en minería subterránea. Fuente: datamine

2.6. Marco conceptual o glosario

- **Accionistas:** Denominados también grupos interesados, pueden ser actores internos o externos, de los que depende la organización, razón por la cual es indispensable identificarlos para cubrir sus requerimientos y necesidades, dado que sus logros y objetivos de alguna forma dependen de lo que haga la organización.
- **Beneficio:** Tratamiento de los minerales para separar de la roca y la ganga, mediante procedimientos mecánicos, químicos o fisicoquímicos a fin de incrementar sus concentración y valor agregado.
- **Beneficio neto por unidad de mineral.** Es una función directa de los precios vigentes en el mercado de minerales, menos los costos de tratamiento.
- **Coste de explotación de una unidad de desmonte.** (Cw) Es el costo de excavar, transportar y verter una unidad de material estéril.
- **Coste de arrancar y transportar una unidad de mineral.** (C_o) Este coste varía de acuerdo a su localización dentro del hueco.
- **Ciclo operativo.** Aprendizaje que, forma parte de un proceso y que busca asegurar la ejecución del plan de minado a corto plazo.
- **Concepto de gestión.** Administración exitosa que se lleva a cabo dentro de las operaciones de un asiento minero (Mina, Planta Concentradora, mantenimiento, Seguridad, Geología e Hospital)
- **Ciclo estratégico.** En el aprendizaje de circuito doble, la Empresa Minera aprende por medio del circuito simple y a través del cuestionamiento de la estrategia, con el objetivo de asegurar la ejecución de la misma a largo plazo. Se cuestiona si sigue siendo válido esforzarse por alcanzar determinados resultados, es decir cuestiona los resultados planeados más no los obtenidos
- **Cadena de valor:** Representación macro en primer y segundo nivel de desagregación de los procesos en la organización.
- **Calidad:** Grado en el que un conjunto de características inherentes que cumple con los requisitos del ISO 9000.

- **Calificación de Proceso:** Proceso de demostración de que una entidad es capaz de llenar totalmente los requisitos (ISO 8402:1994).
- **Ciclo de Vida:** Etapas interligadas y consecutivas de un sistema de producto, desde la adquisición de la materia prima o generación de recursos naturales hasta su disposición final (ISO 14040).
- **Chimenea:** Excavación minera subterránea de forma tubular, de posición vertical o inclinada, perforada desde un nivel inferior para alcanzar otro nivel superior, con fines exploratorios, de ventilación, u otros servicios.
- **Definición de Proceso.** Se define como el avance y progreso de las operaciones mineras para conseguir un logro económico.
- **Depósito de Relaves:** Lugar del espacio superficial terrestre donde se colocan o echan los relaves.
- **Disposición de Relaves:** Acción y condición de colocar o echar los relaves en un lugar predeterminado. Término utilizado por la legislación peruana.
- **Drenaje:** Son lugares de trabajo de la mina deben mantenerse limpios. El agua del terreno se filtra continuamente a través de fisuras en la roca y el agua de lavado de la perforación de rocas se acumula en el fondo de las galerías. Se cavan zanjas, se junta el agua y se canaliza a depósitos de agua en niveles inferiores. En este lugar, una estación de bombas de alta presión eleva el agua subterránea a la superficie.
- **Eficacia:** Es el grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados (ISO 9000, 2005).
- **Estrategia:** El diccionario Océano Uno Color define a la estrategia como el arte de coordinar todo tipo de acciones para la conducción de una guerra o la defensa de un país, enfocando este concepto al ámbito empresarial la estrategia es el arte de coordinar las acciones necesarias para alcanzar los objetivos planteados, orientados a lo que la empresa aspira ser en un plazo de tiempo determinado.

- **Eficiencia** Se define como la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un objetivo determinado. No debe confundirse con eficacia que se define como la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.
- **Estimación de recursos.-** Los conceptos básicos empleados para entender este tema son: Recursos minerales y Reservas minerales.
- **Galería:** Túneles o excavaciones subterráneas, oradadas en diferentes niveles siguiendo las estructuras mineralizadas (vetas, cuerpos y mantos), cuando estas dejan las estructuras mineralizadas para unirse a otras galerías se denominan cruceros.
- **Ganga:** Mineral o conjunto de minerales sin valor económico que forma parte de los relaves, junto con las rocas.
- **Gestión minera basada por procesos.** Son todas las operaciones que se dan en una mina en superficie y en subsuelo
- **Gestión por procesos.** La gestión por procesos permite examinar a la cadena productiva en la mina mediante una secuencia, que va desde los macro-procesos hasta las actividades propias de la operación.
- **Geomecánica:** Ciencia teórica y práctica del comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos, así como suelos; es la rama de la mecánica referente a la respuesta de la roca y del macizo rocoso a los campos de fuerza de su ambiente físico.
- **Ingeniería:** Es el saber y aplicación del conocimiento científico para transformar la energía o materia en bienes y servicios para el hombre haciéndolo de una manera óptima y racional.
- **Ingeniería de Minas:** La Concepción de minería es una actividad que se asocia con un valor en riquezas muy fructíferas, sin embargo se considera también de forma negativa en cuanto a los impactos generados para la sociedad y el ambiente. La minería es una actividad muy antigua que la realizaron los hombres primitivos para satisfacer sus necesidades básicas como el uso de los metales, y ahora se aplica bajo un amplio conocimiento experimental y el uso de modelos matemáticos que buscan optimizar los diseños y la productividad de esta actividad.

- **Krigeado.** Consiste en encontrar la mejor estimación lineal insesgada de un bloque considerando la información disponible; es decir, las muestras interiores y exteriores, atribuye un peso λ_i a la muestra $z(x_i)$.
- **Ley de mineral:** Grado de concentración del o los metales en un mineral que se mide en porcentaje (%) para la mayoría de los metales y en gramos por toneladas (g/t) para los metales preciosos (platino, oro y plata).
- **Ley de Corte:** Concentración del metal que por su valor cotizado en el mercado internacional se encuentra en el límite económico de los costos de explotación.
- **Métodos de extracción de minerales.** Son los procesos realizados en la actividad extractiva compuesto por el ciclo de minado.
- **Mena:** Mineral o conjunto de minerales con valor económico, que después del beneficio se obtiene un metal o conjunto de metales comercializables.
- **Mineral:** Elemento o combinación natural de estos que se encuentran dentro o como constituyente de las rocas en la corteza terrestre.
- **Mineral Económico:** Es la mena factible de comercialización inmediata que deja un margen de utilidad al deducirse todos los costos.
- **Modelos de bloques.** Serie en 3D de datos numéricos que representan primero la característica del material contenido en un juego de bloques ortogonales ocupando un volumen de su propiedad. Estas características pueden incluir el tipo de roca, densidad, leyes, elevación, el porcentaje del bloque, ocupado o minado, valor económico, o cualquiera usuario definido el valor del interés.
- **Manejo del mineral:** Es el manejo eficiente del mineral. Primero, el mineral volado es llevado desde las excavaciones de producción a la trituradora cerca de la galería del montacargas. El mineral se acumula en un silo de almacenamiento antes de entrar al balde de la estación de carguío. Luego se eleva a la superficie en el cucharón y se vierte en la pila o en un silo.

- **Nivel:** Conjunto de túneles o galerías que tienen una misma altitud sobre nivel del mar.
- **Operación Minera:** Conjunto de trabajos realizados en el arranque, extracción, tratamiento, transporte y comercialización de las sustancia económica materia de explotación, así como los servicios auxiliares prestados con esta finalidad.
- **Organización:** se define como sistemas sociales diseñados para lograr metas
- **Paradigma.-** Los paradigmas son realizaciones científicas universalmente reconocidas (dogmáticas) que, durante cierto tiempo proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica en particular.
- **Porcentaje de recuperación (%r).** Se puede determinar con bastante aproximación por medio de ensayos de laboratorio de una mina o planta piloto.
- **Procedimiento:** Forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso según el ISO 9000.
- **Productividad:** Se define como el resultado que se obtiene en un proceso o en un sistema, resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar logro económico.
- **Proyecto:** Desarrollo de una idea única y consistente en un grupo de actividades coordinadas y controladas con fecha de inicio y de finalización
- **Sistema:** Es el conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan según el ISO 9000.
- **Sistema de Gestión de Calidad:** Sistema administrativo para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad (ISO 9000, 2 005).
- **Propuesta de valor:** Son estrategias genéricas son formas para hacer frente de una manera eficiente a los competidores en un sector industrial. En algunos casos significa que todas las empresas pueden obtener elevadas utilidades, y en otras puede ser lo necesario para conseguir rendimientos considerables de una manera ideal. En 1982 Michael Porter identificó estrategias genéricas que se pueden usar tanto individualmente como en conjunto, para establecer una posición que sea superior a los competidores de la industria a largo plazo.

- **Planeamiento**, proceso de establecer objetivos y elegir los mejores medios para lograr estos objetivos antes de tomar acción. Planeamiento es tomar decisiones en forma anticipada. Es el proceso de decidir antes que la acción sea requerida.
- **Rentabilidad**, para una empresa consiste en obtener ganancias a partir de un capital inicial que se invierte en actividades y procesos para la realización de un determinado objetivo.
- **Recursos**: Tonelaje o volumen de roca mineralizada u otro material de interés económico intrínseco cuyas leyes, límites y otras características apropiadas se conocen con cierto grado de certeza y que es candidato para una extracción rentable. La cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen o se estiman o se interpretan de datos geológicos específicos y del conocimiento del depósito que debe ser realizado por profesionales competentes.
- **Recurso mineral**: Es todo material geológico sólido, líquido o gaseoso que pueda ser explotado, como es el caso de los minerales sólidos como en oro, en el caso del tajo, el cobre, el plomo o la plata; el caso de los recursos líquidos como los combustibles fósiles y los recursos gaseosos como el gas natural que está en plena expansión en el Perú.
- **Reservas Minerales**: Parte económicamente explotable ya sea del recurso medido o indicado, que pasan a ser reserva mineral o reservas de Mena, las reservas de mena se subdividen según su orden de mayor confianza en Reservas Probables de Mena y Reservas Probadas de Mena
- **Suministro de energía**: La mina requiere energía eléctrica con una red de distribución para hacerla llegar a los consumidores de la mina. La energía eléctrica ilumina los lugares de trabajo y acciona los equipos de perforación, bombas y una variedad de máquinas. La energía eléctrica se complementa con aire comprimido. Una planta de compresores en la superficie suministra aire a las perforadoras neumáticas de rocas y a otras herramientas a través de una red de tuberías.
- **Suministro de agua**: El lavado con agua es necesario para eliminar el polvo y quitar los recortes mientras se perfora la roca. Por ende, una

red de tuberías de agua es necesaria en la mina para todo lugar donde se efectúan perforaciones y voladuras.

- **Tajeo:** Bloque insitu de donde se arranca el mineral para extraerlo y beneficiarlo.
- **Tesis** Estudio de investigación a realizar para demostrar una hipótesis planteada.
- **Ventilación:** Calidad del aire en los trabajos de minería se debe mantener en un estándar de salud aceptable. La atmósfera regularmente es contaminada por vapores de voladuras y el escape de las máquinas diésel.
- **Variograma.** Función que constituye la herramienta fundamental de la geoestadística que interpola valores geoespaciales para el calculo de la media de los valores de leyes de mineral

CAPITULO III

METODOLOGIA

Hemos utilizado y analizado los materiales a base de métodos de las unidades mineras que fueron seleccionadas para formar parte de la muestra que se estudió en el periodo 2012-2013 resaltando en cada una de ellas el modelo geológico, el método de minado, el ciclo de minado y la producción de oro mediante el ciclo operativo de extracción del mineral.

El análisis de esta investigación se hizo utilizando el modelo geológico realizado por las unidades de análisis cuyo sistema utilizado proporciona un análisis de modelos de bloque, geometría del modelo de bloque, interpolación y parámetros genéricos del kriging. proceso de secuencia, formula de la semi-variograma y gestión por procesos, este enfoque incluye la elaboración de la ficha técnica del proceso de perforación y voladura será utilizando fichas y flujogramas de perforación y voladura, ficha técnica del proceso de limpieza y acarreo, flujograma del proceso de limpieza y acarreo, formato de flujo de actividades, alineamiento operativo enfoque funcional,

alineamiento o sincronización, toma de decisiones basado en modelamiento geológico, proceso de aprendizaje organizacional ciclo operativo ciclo estratégico gestión y el enfoque basado en proceso identificación y secuencias de procesos estructura de una organización por procesos macro procesos.

Población y muestra

Este trabajo se han realizado en las siguientes minas:

Minera yanacocha

Minera barrick Misquichilca

Compañía de Minas Buenaventura

Compañía Minera Aruntani

Consorcio Minero Horizonte

La población está conformada por 62 minas de oro operando en el Perú todas ellas con Certificado de Operación Minera vigente para su producción, cuyos expedientes técnico se encuentran en el ministerio de energía y minas, año 2012-2013.

La muestra fue seleccionada en base a un estudio exploratorio de cada caso, se estudió el macro proceso del ciclo de minado, que es el proceso critico representativo del negocio minero, constituyó una muestra representativa de la población, y permitió obtener las conclusiones del tema de tesis y aplicar la escalabilidad para las empresas mineras en general.

Tipo de investigación

Esta investigación es analítica cuantitativa y demostrativa:

Porque se estudió los expedientes técnicos de las minas cuyos informes se encuentran en el Ministerio de Energía y Minas que permitió fundamentar la investigación. Además permite, explicar la razón y circunstancias en las que actúan los procesos operativos de extracción de minerales auríferos en las unidades de análisis.

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

A menor **aplicación de los modelos geológicos** en la cubicación de reservas mayor será la incidencia de la **gestión de los procesos de extracción de minerales de sulfuros con valores de oro** en las minas del Perú.

Hipótesis específica

- Las reservas de minerales de oro de sulfuro cubicadas con modelo geológico, es preciso para su uso en la gestión de procesos de extracción de minerales preciosos en minas del Perú
- La gestión por procesos de extracción de minerales tiene relación directamente proporcional con el modelo geológico con el cual se ha cubicado la reserva de mineral en las operaciones unitarias.
- Los procesos del ciclo de minado en la extracción de minerales de sulfuros con valores de oro cubicadas con el modelo geológico son medibles con la aplicación de la gestión por procesos

Fuentes de información

Los análisis de informes técnicos existentes en el Ministerio de Energía y Minas así como los informes privados del autor

Se realizó el análisis crítico de los de informes de producción mensual de las citadas empresas mineras, de su unidad de análisis cuyos expedientes técnicos completos se encuentran en el Ministerio de Energía y Minas donde se pudo observar el modelo geológico, la producción, el ciclo de minado y los procesos operativos de extracción de minerales con contenido de oro.

Entrevista a profesionales expertos y directivos de cías mineras que citamos; CAMACHO LA ROSA, EDUVINO, RISSO PATRON ENRIQUE, PEÑA RODRIGUEZ ADOLFO, ALVAREZ ANGULO ANGEL, ROSALES ESTRADA JUAN CARLOS MUCHO MAMANI ROMULO, a ellos se les consulto su opinión sobre el tema de mi tesis, sus opiniones fueron favorables y coherentes.

- **Encuesta de conformidad de usuarios** se realizó varias encuesta a los usuarios, las mismas que se dan en la figura 87.

Los resultados se pueden observar en la figura No. 99, y los formatos de la entrevista se encuentran en el anexo.

Técnicas de investigación

- Lógico – Causal porque a partir de los elementos de la Gestión por procesos, del modelo geológico y los principios de extracción de minerales en minería subterránea y superficial se estableció las causas que dieron origen a la situación problemática de las minas analizadas en su ciclo operativo de producción, cuyas deficiencias se superó con el modelo de gestión planteada.
- Análisis – Síntesis pues a partir de los antecedentes de los modelos geológicos que se encontró relacionado a la cubicación de la reserva probada se estableció conclusiones que son respaldadas por el modelo de gestión.
- Método estructurado permitió la identificación, descripción, organización de los procesos operativos del ciclo de minado en la extracción de minerales de oro mediante los cuales la sistematizamos con formatos de cada proceso y el diagrama de flujo en la empresa minera, así como se estructuró la interrelación de los mismos

3.2. Extracción de minerales en la unidad minera Yanacocha

Tipo de Yacimiento

El cuerpo mineralizado de minera Yanacocha es un sistema ácido-sulfato (de alta sulfurización) dentro de un complejo volcánico de edad terciaria. Las rocas andesíticas dacíticas, han sido datadas del Mioceno medio, e incluyen flujos de lavas, unidades piroclásticas, domos, chimeneas y diques. Estas rocas han sufrido alteración intensa y las texturas originales han sido completamente destruidas, no es posible identificar las texturas originales. La alteración es típica de un sistema ácido-sulfato con zonamiento la periferie es sílice a sílice-alunita, sílice-arcilla, arcilla y alteración propilítica. Se presentan varios tipos de sílice y la mineralización se encuentra dentro de estos cuerpos silíceos. La profundidad de oxidación excede los 300 m, en la zona de óxidos el oro está frecuentemente asociado a óxidos de hierro, goethita y jarosita, mientras que en profundidad está en sílice-pirita, enargita, calcosita, covelita. El distrito minero ha sufrido glaciación postmineral y el yacimiento de la Quinoa descubierto, se encuentra en gravas con leyes de oro originadas por la glaciación en el yacimiento de Yanacocha Sur.

Yanacocha es uno de los principales distritos mineros del tipo ácido-sulfato en el mundo por su contenido de onzas de oro.

Para construir el diseño del Pit final se emplearon el algoritmo de Lerchs – Grossman, que consiste en bloques de mineral y determina las conveniencias mineralizadas con su respectiva sobrecarga de desmonte. El algoritmo se posiciona sobre cada bloque de valor económico y genera un cono invertido, donde la superficie lateral del cono representa el ángulo de talud de la zona en la que se observa la pared lateral. Si el beneficio neto del cono (suma algebraica del valor de todos los bloques dentro de esta explotación) es mayor o igual a un valor preestablecido, entonces este bloque se explota, en caso

contrario se desestima y se continúa con su análisis del resto de los bloques con valor económico.

Con este procedimiento se ajusta el modelo del cono a un beneficio marginal y se obtiene un pit que representa la envolvente económica final del yacimiento de mineral, en el que se han extraído todos aquellos bloques cuyo beneficio neto es mayor a cero. Utilizando esta misma técnica se puede realizar la generación de pits anizados donde cada sucesivo contorno está hecho para el precio del producto ligeramente más alto que el anterior, esto se debe realizar dentro de un rango de precios, desde el más alto al más bajo que se desea considerar, esta técnica en la forma de sensibilizar el trabajo de selección del pit final que se elegirá de entre las opciones que ofrezcan mayor beneficio para la empresa.

Modelo geológico conceptual

El modelo geológico del yacimiento de Yanacocha, representa la evolución de un yacimiento oro hidrotermal de Alta Sulfurización, hospedado en rocas sedimentarias de la formación Chimú de edad Cretácea inferior, asociado a los eventos magmáticos terciarios de la orogenia andina.

El yacimiento muestra facies de brechamientos freáticos y freaticomagmáticas asociados al desarrollo de una chimenea central que dio lugar a diversos procesos de alteración hidrotermal y mineralización. silicificación, cuarzo-sericita, argílica avanzada y argílica. (figura 29)

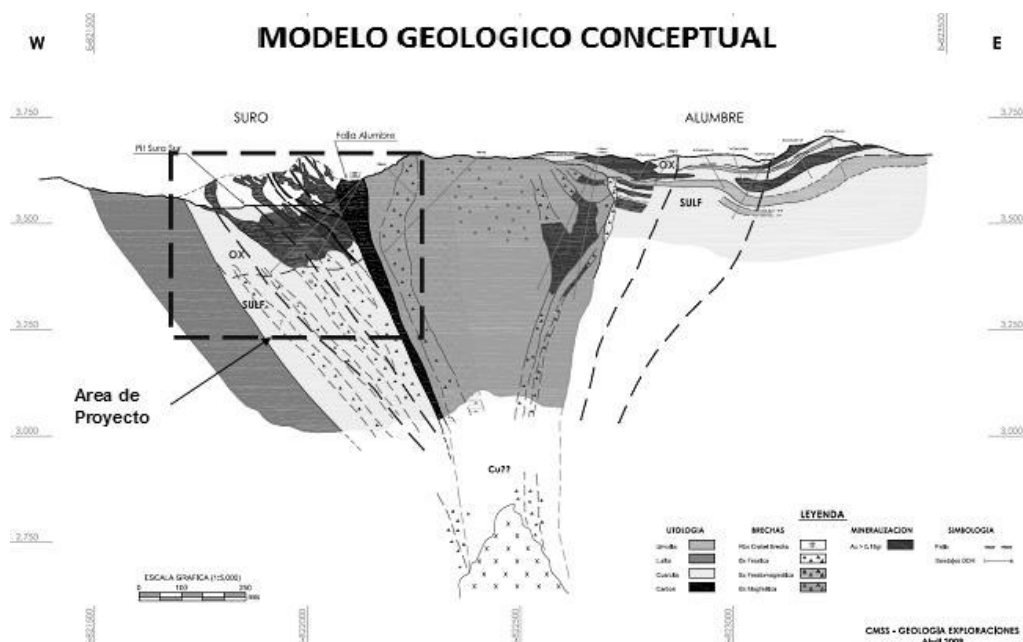


Figura 29. Modelo geológico conceptual del yacimiento. Fuente Minarea Yanacocha

ESTIMACION DE RECURSO MINERAL.

Tipo	Metros Perforados	Nro. De Sondajes	Nro. De Muestras
DDH	21,810.07	127	11,439.00
SN	6,695.62	34	3,232.00
SS	15,114.45	93	8,207.00
RCD	24,110.00	176	16,740.00
SN	18,062.50	128	12,309.00
SS	6,047.50	48	4,431.00
Grand Total	45,920.07	303	28,179.00

Cuadro 02: Datos utilizados para estimación de reserva. Fuente: Minera Yanacocha.

Se analizó la ley de distribución del Au mediante histogramas experimentales y sus histogramas logarítmicos, identificamos las poblaciones erráticas, para luego determinar los valores de corte, obtuvimos: el valor de la ley de corte en la zona Sur, del yacimiento igual a 20 gr/ton de oro.

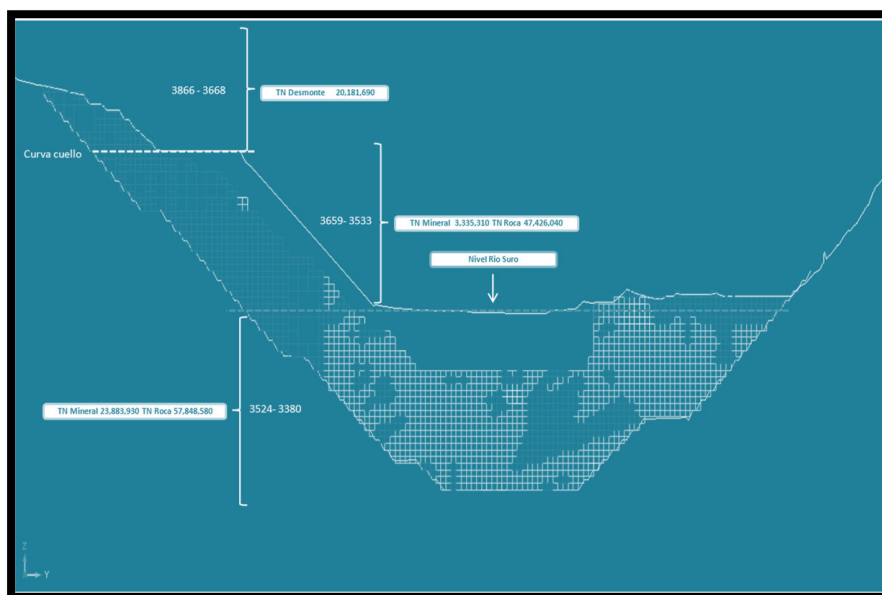


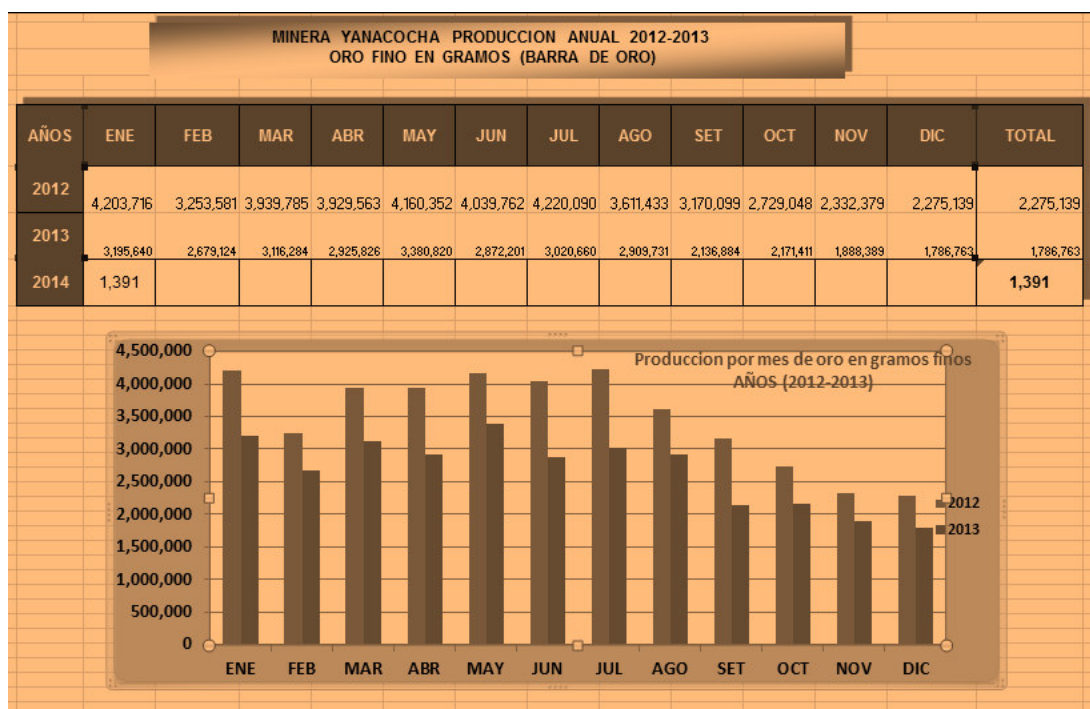
Figura 30. Esquema de estimación de reserva. Fuente: Minera Yanacocha

Ley de Corte se debe aplicar en el plan de producción buscando maximizar la rentabilidad de la extracción, en este caso es de 0.4 gr/tm de oro. Si se tiene una estrategia de extracción considerando una ley de corte que nos dará mayor beneficio se deberá reestructurar el plan inicial el cual deberá introducir las mejoras en la ley que el algoritmo sugirió al formar el cono inicial considerando las restricciones operativas existentes en toda operación.

Ciclo de minado, perforación y voladura en los tajeos, se debe incrementar el diámetro de taladro al máximo de la capacidad de las perforadoras DM45 (7") esto nos permitirá ampliar el burden en 30%. La perforadora suma un promedio de 6 a 8 minutos en traslado de punto a punto de perforación, por lo que mientras menos puntos se tenga, se tendrá mayor tiempo de perforación.

Acarreo de todo acceso a construir deberá tener un máximo de 9% de gradiente, deben cumplir las especificaciones de diseño, muros de seguridad, cunetas, peraltes y escorrentías de agua, esta mejora nos permitirá mantener velocidad constante mayor tiempo, reduciendo los tiempos de ciclo.

- Control de carga de volquetes y camiones, se evaluara la carga adecuada de acuerdo a su diseño y su tiempo de vida.
 - Control de rendimiento efectivo de acuerdo a la carga signada.
 - Empezar plan conjunto con mantenimiento para tener mayor disponibilidad mecánica de los equipos de acarreo.
- Proyectado por el Ministerio de energía y Minas



Cuadro 03: Producción proyectado de mina Yanacocha, periodo 2012-2013. Fuente: MEM

3.3. Extracción de minerales en Minera Barrick

Tipo de yacimiento está en la cordillera negra es una secuencia amplia que va del Jurásico al Cretáceo, su litología la forma margas, lutitas, calizas, y rocas clásticas continentales con discordancia entre las andesitas, dacitas y riodacita que son de los finales del Eoceno al Mioceno inferior, Grupo Calipuy según Wilson, (1995). La Cordillera Blanca corresponde al Terciario tardío y es un batolito de granodiorita incrustado de sedimentos del Cretácico tardío y está flanqueada por ignimbritas del Mioceno.

La cordillera negra estructuralmente aloja guías de mineralización de Pb, Zn, Cu, Ag y Au, principalmente en los volcánicos Calipuy. Los principales CIAS productores de minerales en la cordillera negra fueron Alianza (Pb-Zn-Ag), Santo Toribio (Pb-Zn-Ag) minas de 70- km de longitud de la franja, de alteración hidrotermal que se asocia con los yacimientos de minerales y directamente se correlaciona con la cadena montañosa NW del río Santa y fallas delimitadores asociados. La intersección de las estructuras de la cadena NE-y EW, junto con características relacionadas de posibles centros volcánicos donde se ubicaron los depósitos de mineralización de vetas por sustitución.

A lo largo del flanco occidental de la cordillera blanca, las guías de mineralización de Pb-Zn-Ag es predominante, controlada en gran parte por las superficies de contacto profundo de la cadena NW entre el batolito de granodiorita y rocas sedimentarias. Las zonas de contacto en parte es una falla de montaña frontal, actualmente son las estructuras de donde se extrae el oro por la mina.

La estructura mineralizada de oro proviene desde la cordillera blanca y está relacionada con la zona de contacto estructural noroeste llegando hasta la Mina Nueva California. El yacimiento de oro Pierina tiene una estructura anómala en el área en la que tiene un carácter típico epitermal de alta sulfurización, fue un yacimiento de minerales previamente no reconocido en la región.

FIGURE 2
CROSS-SECTION OF PIERINA GEOLOGY.

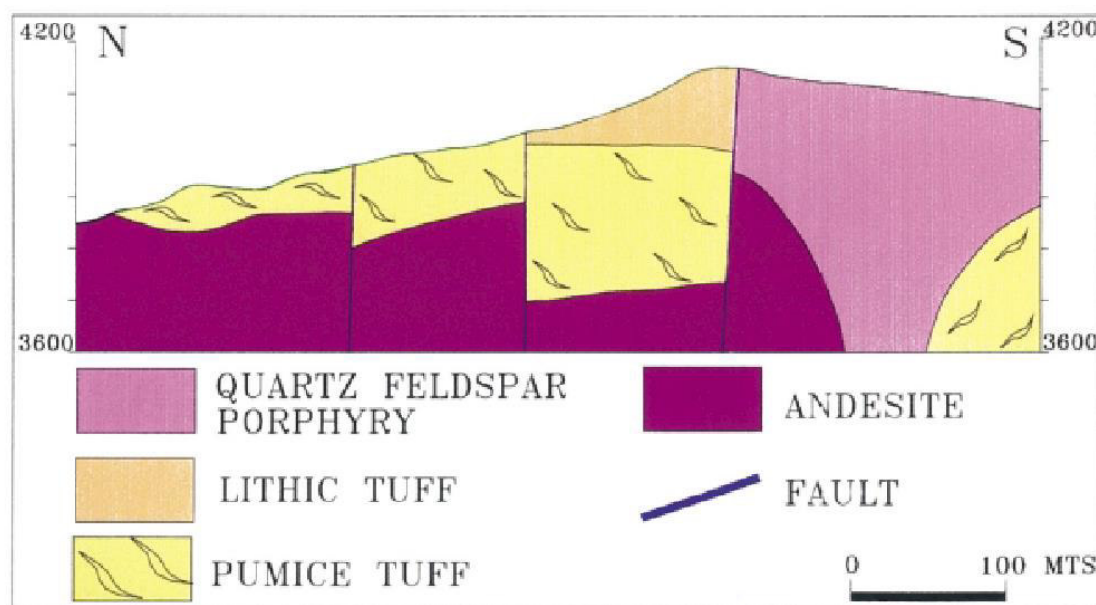


Figura 32. Sección geológica de Pierina. Fuente. Compendio Geológico

Modelo geológico conceptual

El depósito de Pierina está constituida por piedra pómez riodacítico y tufos volcánicos que se encuentra subyacente es lavas andesíticas. Cuerpos más pequeños y más restringidos de toba cristalina se encuentran localmente en la base de los tufos o piedra pómez, y feldespatos de cuarzo como una intrusión de pórfidos se produce en el flanco sur del yacimiento.

La naturaleza caótica de las rocas en el flanco sur del yacimiento sugiere la presencia de un complejo de cuerpo o toba. Todos los tipos de rocas dentro del depósito de mineral, excepto la andesita basal, están presentes en esta parte alta de la zona sur. El pórfido cuarzo-feldespato está listada para ser contemporáneo de las últimas etapas de mineralización o pos mineralización.

Las unidades de piedra pómez y toba lítica fueron depositados en una fase tectónica con orientación al Nor oeste, observándose una depresión estructural que se formó dentro de la más antigua andesita basal. En el

momento de la deposición de las rocas piro clásticas, la andesita formó estructuras litológicas altas en el noroeste y partes del este del flanco. La parte sur de la estructura geológica dentro de la parte alta de la toba donde se nota la fuerte incidencia de las erupciones volcánicas por presencia de las rocas piro clásticas.

Estructuras dominantes del depósito o yacimiento tiene una orientación norte oeste, oeste norte y noreste. Secciones transversales del depósito de mineral (Figura 33) muestran que las fallas pre mineralizadas y desplazados por un sinclinal de la andesita basal, destaca como la más importante de la estructura geológica. Las fallas de post-mineralización aparentemente cayeron del yacimiento hacia el este en la dirección del Río Santa. La mineralización del yacimiento en su formación se produjo a lo largo de las estructuras geológicas con orientación Norte Oeste y Norte Este

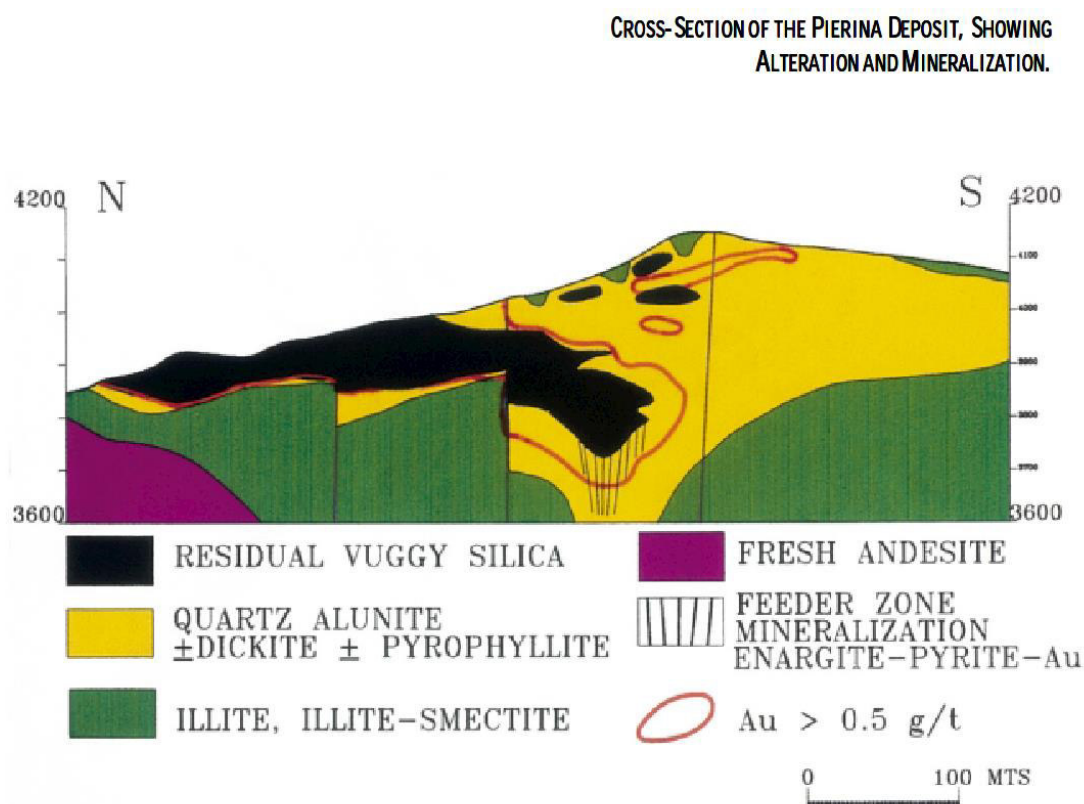


Figura 33. Modelo geológico conceptual de pierina. Fuente: Compendio de geología

El modelo se realizó en base a un programa de perforación diamantina, cuyas dimensiones de los taladros van desde 150 metros hasta los 200 metros de longitud. En el siguiente plano vemos la malla de distribución de la perforación diamantina realizada para este fin. (figura 34). La malla de perforación se programó cada 50 metros, cuya profundidad máxima de perforación fue de 200 metros.

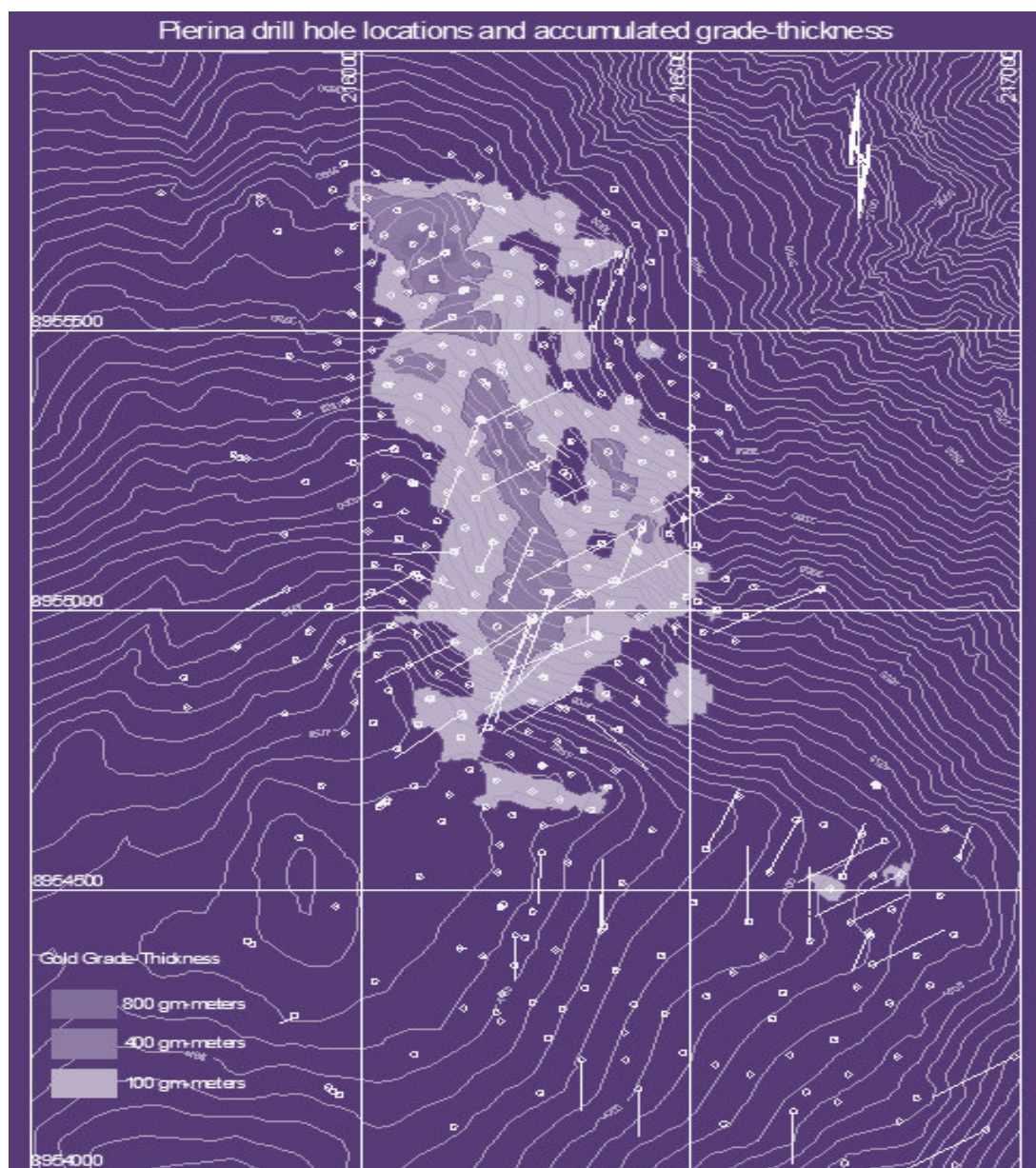


Figura 34. Malla de perforación diamantina. Fuente: Minera Barrick

La visualización de los taladros realizados, se observan en la figura 35, en formato 3d, donde se da su orientación, la longitud y su posición en el espacio de cada taladro.

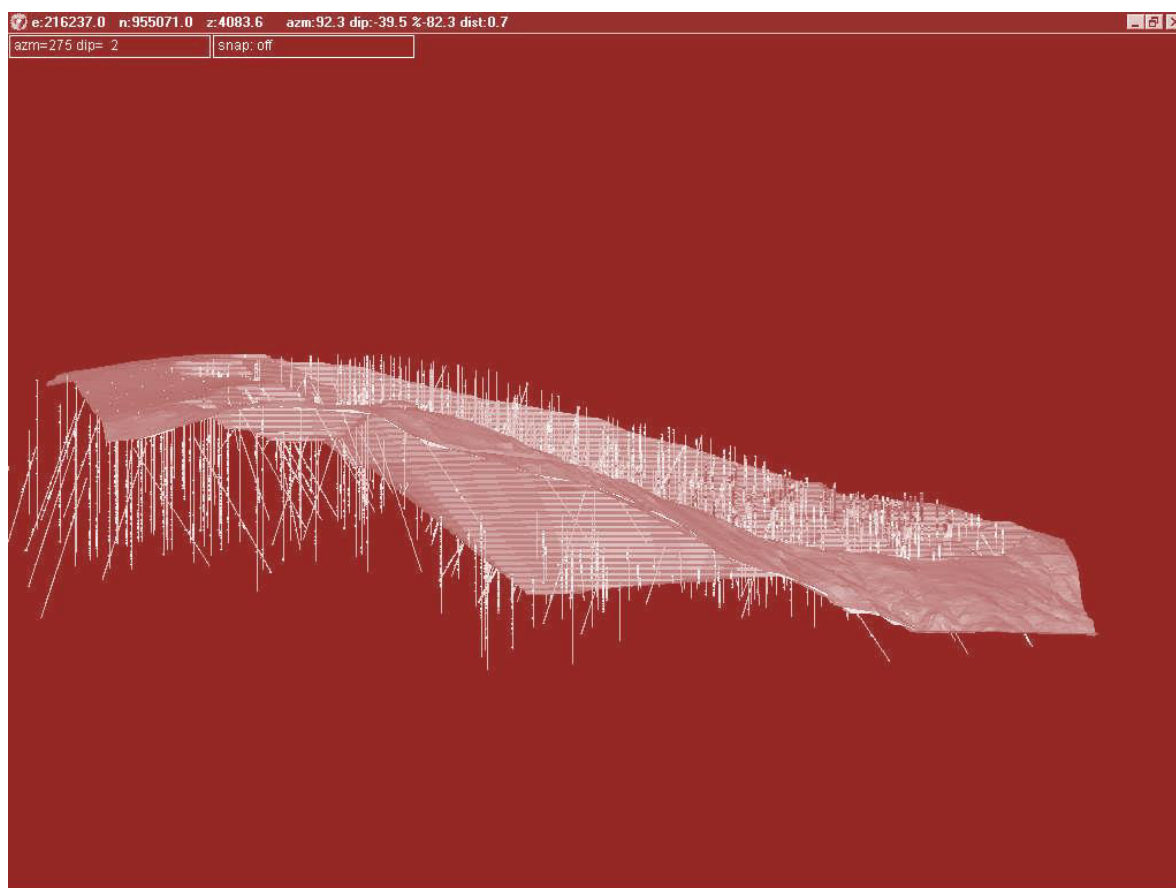


Figura 35. Vista en 3D de la malla de perforación diamantina: Fuente: Minera Barrick.

Características del resultado final del modelo en planta, se han realizado mediante las secciones Norte Sur y Este Oeste e interpolando las secciones con presencia de la mineralización de oro, los datos de las secciones son ajustados para cada medio banco de extracción. La distribución de las leyes promedio de los minerales en el yacimiento se realizó utilizando los algoritmos de interpolación mostrando a nivel superficial (figura 36), colores diferentes para la variación de las leyes del mineral.

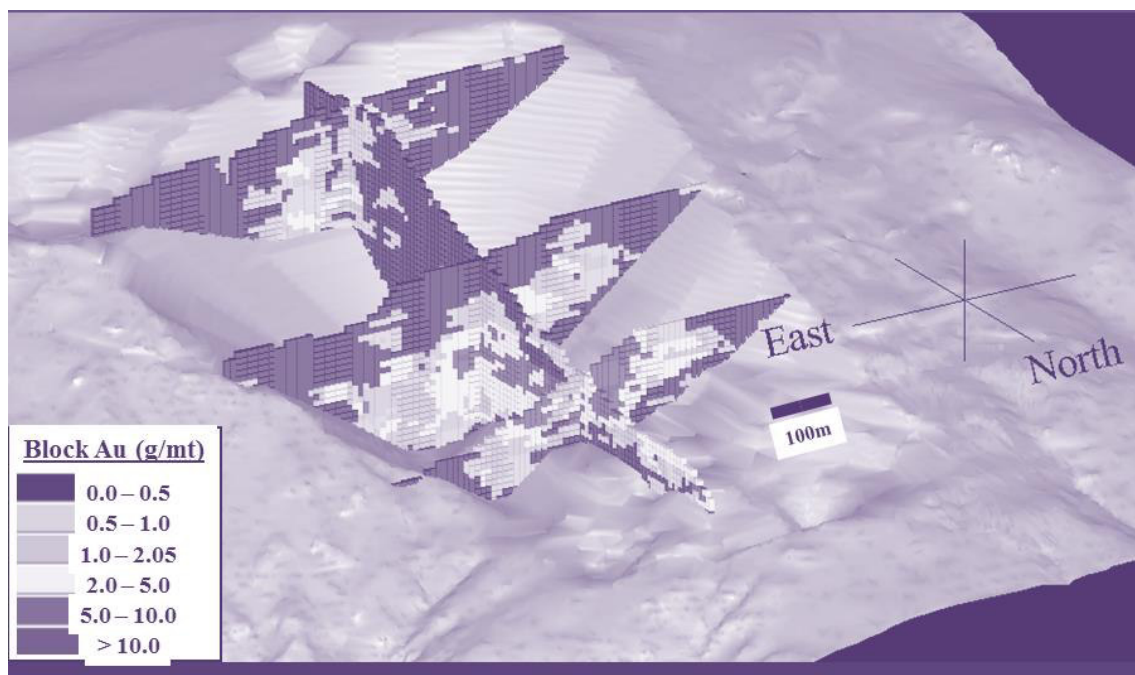


Figura. 36. Mapa de distribución de leyes del mineral. Fuente: Minera Barrick

Reserva Probada, mineral cubicado: 59.9 M con 1.83 g/t Au

Mineral a extraer: 3.8 M con 0.44 g/t Au

Contenido de onzas: Au: 3.6 M, Ag: 14.3 M

Ley de Corte, mineral: 0.50 g/t Au, ley de mineral a considerar en el

Proyecto: 0.30 g/t Au

Ciclo de minado en las rampas de extracción que tenían una pendiente promedio de 10% por 12 m., de ancho, la ley de corte era de 0.30 g/t Au, y la ley operativa fue de 0.50 g/t Au siendo la producción diaria de 43000/t, que fue trasladado al Pad de lixiviación para recuperar Au, con una solución de cianuro, que posteriormente es tratada por fuego, al final se obtuvo barras de DORE que contiene 75% Au oro y 25% Ag.

La perforación en la mina Pierina fue por taladros primarios de 10m, de banco y 1m, de sobre perforación, con diámetro de 7 7/8" (200mm), para ello se contó con 2 perforadoras Ingersoll Rand DM 45 E. Asimismo, para la perforación secundaria se utilizó una perforadora Ingersoll Rand Rock Drill cuyo diámetro de perforación es de 3 1/2"

ESPECIFICACIONES DE LA PERFORADORA DM 45E	
Peso neto aproximado	70 000 Lb. (31 800 Kg.)
Ancho Total	13' (3.9 m)
Altura de mástil	43'6" (13.3 m)
Altura del mástil horizontal	41' (12.5 m)
Capacidad carrusel N° barras	5
Ancho de zapata de oruga	22" (56 cm)
Velocidad de Traslado	3.12 Km/h

Cuadro 04. Datos generales del equipo de perforación. Fuente Cia. Minera barrick

ESPECIFICACIONES PERFORADORA INGERSOLL RAND DM45-E – HP	
Rango de perforación	5 1/8" a 7 -7/8 (130 a 200 mm)
Rango de perforación con martillo.	6" a 8 -7/8 (152 a 225 mm)
Capacidad pulldown	45.000 lbs (20.400 kg)
Velocidad de avance rápido	0 - 102 ft/min (31 m/ min)
Velocidad de retracción	0 - 159 ft/min (48 m/ min)
Capacidad pullback	37.700 lbs (17.100 kg)
Motores de rotación	Dos, de 6,0 y 4.0 cubic inch
Tipo de motor	Desplazamiento variable y fijo
Torque máximo del cabezal	6.200 ft-lbs (8.400 Nm)
Rango de velocidad cabezal	0 a 200 rpm
Reducción cabezal de rotación	15:01
Rosca del spindle	4" API I.F
Compresor	900 – 1050 CFM/350 psig.
Motor diesel	CAT 3412C 575 HP a 2100 RPM
Capacidad combustible	215 U.S. gal
Sistema hidráulico	Dos bombas desplazamiento variable: Una bomba de dos cuerpos. Una bomba axial de pist.
Capacidad de bombas	Principales 54, 5 gpm
	Doble 39/25 gpm.
	Bomba de avance lento. 11,6 gpm.
Capacidad estanque aceite hidráulico	67 gal.
Sistema filtrado	10 micrones.
Presiones del sistema hidráulico	Rotación 3.000 psi (20.684 MPa)
	Avance pulldown 3.000 psi (20.684 MPa)
	Traslación 4.500 psi (31.027 MPa)
	Circuitos aux 3.000 psi (20.684 MPa)
Sistema eléctrico	Indicador murphy operando sobre
Tipo de protección al paquete de potencia	Baja presión de aceite
	Alta temperatura aire descarga
	Alta temperatura agua de motor

Cuadro 05. Datos del equipo de perforación Ingersol Rand. Fuente Cia. Minera barrick

La Voladura del mineral fue a base de taladros de 7 7/8" de diámetro y 10m de profundidad, de los cuales 1m, fue de sobre perforación y 9m, fueron los correspondientes a la altura de banco. Las mallas de voladura (B x E), variaron de acuerdo a la competencia del macizo rocoso. Para realizar el diseño de la voladura primaria se utilizó el software JKBench, el cual nos proporcionó información valiosa para calcular los retardos y el desplazamiento del material volado, se obtuvo una mejor fragmentación en el proceso de voladura, pues se utilizaron retardos en el interior de cada taladro, los cuales fueron faneles duales con las siguientes características:

Fanel DUAL	Retardo interior (ms)	Retardo superior (ms)
500/17	500	17
500/25	500	25
500/35	500	35
500/42	500	42
1000/17	1000	17
1000/42	1000	42

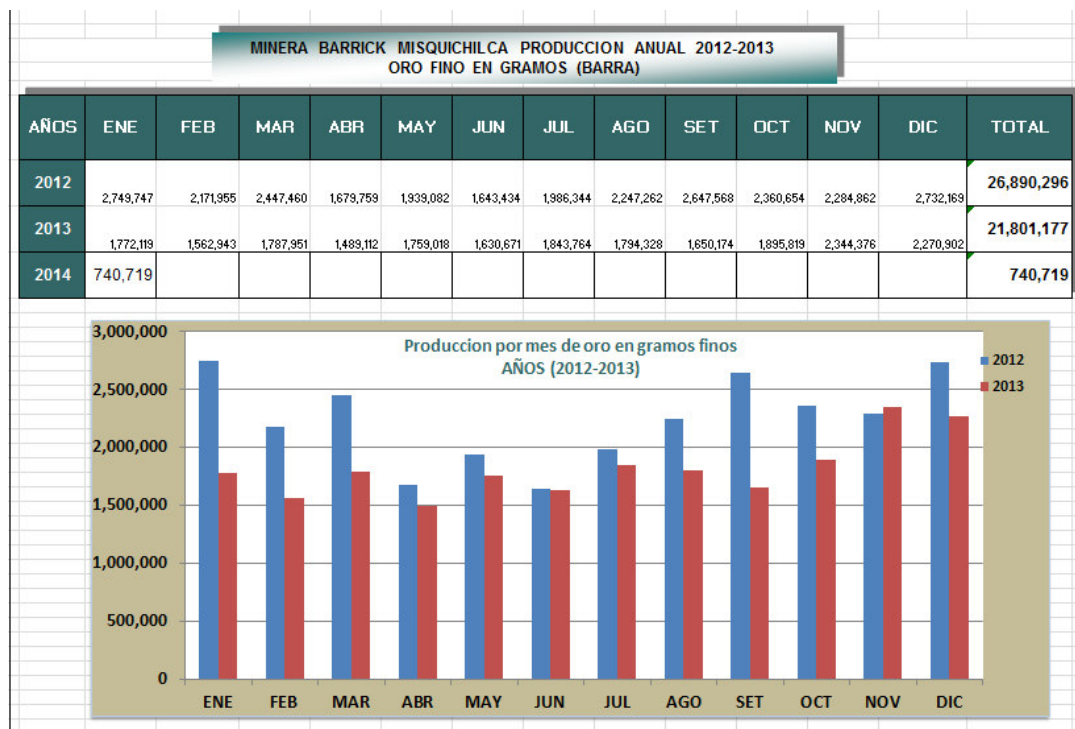
Cuadro 06. Datos de explosivos y accesorios. Fuente Cia. Minera barrick

Asimismo, se usan retardos superficiales entre taladro y taladro, los cuales tienen tiempos de retardo de: 0, 17, 25, 35 y 42 milisegundos. Los retardos usados son mangueras de fanel marca FAMESA con fulminantes en los extremos, en el interior de los cuales se ubican los elementos de retardo de diferente tiempo.

Datos adicionales de voladura

Densidad de roca.	ton/m3	2.30
Diámetro de Tal.	pulg.	7 7/8
Burden	m.	5.50
Espaciamiento	m.	6.30
Altura de Banco	m.	10.00
Sobre perforación	m.	1.00

La producción en el año de estudio se muestra en la siguiente tabla.



Cuadro 07. Producción de mineral año 2012. Fuente: MEM

3.4. Extracción de minerales en minera Buenaventura

Tipo de yacimiento se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Castilla (Zona Alta) a una altitud promedio de 3,800 m.s.n.m., en la sierra sur del país, a una distancia de 350 km de carretera desde la ciudad de Arequipa, de los cuales 190 km son de pista asfaltada, utilizando la ruta por el valle de Majes, Tipan, Viraco, Andagua.

El yacimiento de mineral Orcopampa es epitermal de metales preciosos de oro y plata. Su mineralización es en vetas de rumbo N45° - 60°E emplazadas en volcánicos terciarios de composición andesítica, riolítica y dacítica, de edades entre 18.3 - 22 millones de años. Estos volcánicos sobreyacen indistintamente a rocas sedimentarias Mesozoicas de calizas (Formación Arcurquina), lutitas abigarradas (Formación Murco), y areniscas y cuarcitas (Grupo Yura). Chipmo dice que es un yacimiento aurífero epitermal de oro nativo y telururos – calaverita, krennerita, petzita, nagianita, silvanita, hessita – con mineralización bastante compleja. Es el primero de esta clase en el Perú. Se descubrió en junio de 1991.

La zona Plata fue un yacimiento epitermal de baja sulfurización en vetas con mineralización de cuarzo, rodocrosita, rodonita y tetraedrita asociados a sulfuros de plomo, cobre y zinc. la veta más importante fue la denominada Calera; las otras son las llamadas Manto, Santiago y Santa Rosa, sus potencias llegan a 10m y hasta 4km. Se explotaron entre 1967 y 2001, produciendo 6,013,069 TCS con 13.0 Oz/TC Ag, actualmente está agotada, su edad de la mineralización es de 17.9 ma.

La zona de oro es un yacimiento epitermal de alta sulfurización emplazado en domos dacíticos, andesíticos y riodacíticos, las vetas presentan mineralización de ganga de cuarzo, baritina, pirita, dickita y pirofilita; la mineralización de mena está constituida por oro nativo, electrum y telururos de oro, asociados en pequeña cantidad a minerales de plomo, plata, bismuto, cobre, etc. la potencias de las vetas alcanzan 10m y sus longitudes exploradas llegan a 2Km. las alteraciones de las

cajas es fuerte silicificación, argilización y propilitización hacia fuera, su edad de la mineralización es de 18.1 a 18.4ma.(figura 37).

ZONAS MINERALIZADAS DE ORCOPAMPA

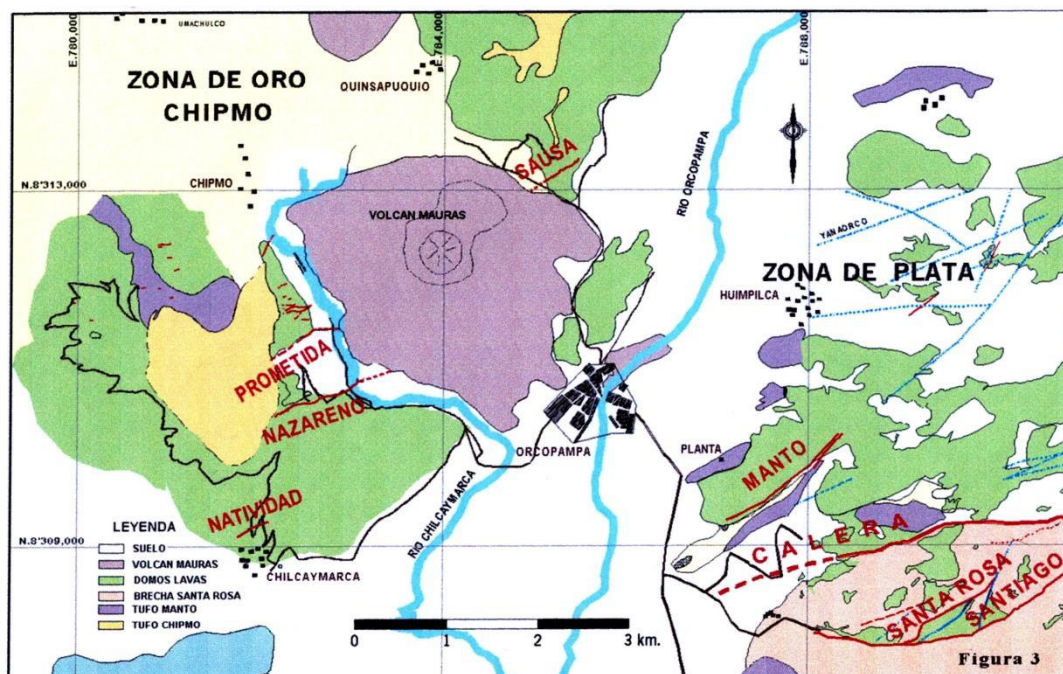


Figura 37. Áreas mineralizadas. Fuente Minera Buenaventura

Las vetas en actual producción son las conocidas como Nazareno, Prosperidad, Lucy Piso, Prometida Ramal 1 y Prometida Ramal 2. La producción se inició a fines de 1998. Hasta julio de 2004 se produjo 1,604,551 TCS con 0.493 Oz/TC Au.

Modelo geológico conceptual

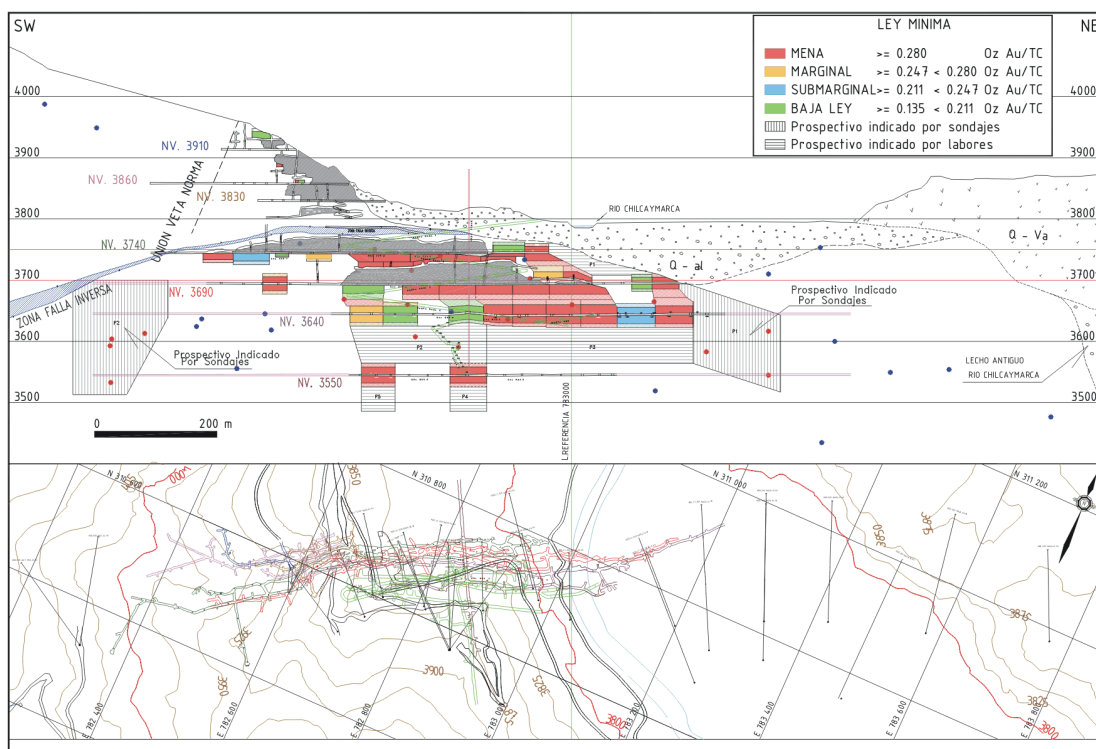


Figura 38. Modelo geológico conceptual . Fuente Minera Buenaventura

Las reservas probadas y probables se totalizan en 1,220,000 TCS con 0.605 Oz/TC Au. Los recursos suman 808,765 TCS con 0.524 oz/TC Au. La exploración con sondajes y labores está centrada en la parte Este, Oeste y en profundidad (debajo del NV 540) de la veta Nazareno. También en la parte Este y en profundidad (debajo del NV 540) de las vetas Prometida Ramal 1 y 2. Adicionalmente se hace un cruce en el nivel 810 de Prometida para explorar las vetas Escondida y Señal Chipmo, con sondajes y labores. Además se harán sondajes para reconocer la veta Pucará. El avance mensual en exploraciones con labores es de 600m y con sondajes de 1,200m

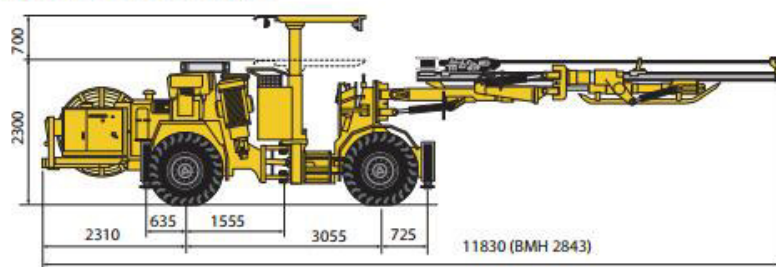
Las reservas probadas y probables se totalizan en 1,220,000 TCS con 0.605 Oz/TC Au. Los recursos suman 808,765 TCS con 0.524 oz/TC Au. La exploración con sondajes y labores está centrada en la parte Este, Oeste y en profundidad (debajo del NV 540) de la veta Nazareno. También en la parte Este y en profundidad (debajo del NV 540) de las vetas Prometida Ramal 1 y 2. Adicionalmente se hace un crucero en el nivel 810 de Prometida para explorar las vetas Escondida y Señal Chipmo, con sondajes y labores. Además se harán sondajes para reconocer la veta Pucará. El avance mensual en exploraciones con labores es de 600m y con sondajes de 1,200m

Ley de corte en Orcopampa que es la primera mina subterránea de oro del país, con una producción anual de 250,000 onz, con ley promedio de mineral de 0.5 onz /t, Au y una producción diaria de 1,300TCS las cuales se procesan en la planta de Manto por cianuración, tuvo una recuperación de 95.5% termina su proceso en la obtención de barras dore. La edad de la mineralización de la mina de oro de Chipmo es similar que la de la parte original argentífera del distrito minero Orcopampa, se piensa que las dos zonas son partes de un simple sistema magmático/hidrotermal muy grande. La veta Nazareno, parece estar zoneada, teniendo generalmente leyes mayores de Hg, As y Sb encima y en la parte superior del intervalo de mena de Au – Te, y leyes mayores de Ni y Co en la parte inferior y debajo del intervalo de Au – Te.

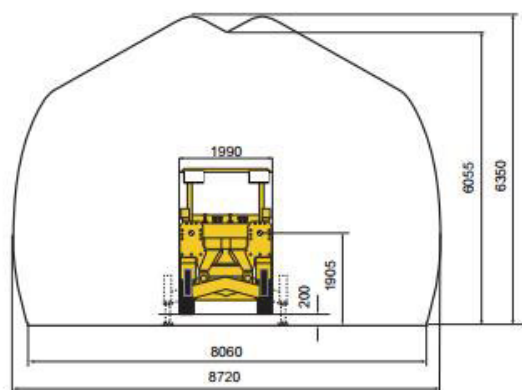
Ciclo de minado es por el método explotación corte y relleno ascendente, a partir de las ventanas de acceso, se realiza el primer corte de explotación (ver medidas) en todo el ancho de la veta, después de la limpieza se prepararon una losa de concreto de 0.6m y relleno, luego se continúa la secuencia del minado entre perforación horizontal, voladura, acarreo y relleno, su altura de corte fue de 4.5m y la altura del tajeo es 4.5m.

Perforación la malla de perforación fue de 4.5m. x 4.5m. por la que se utilizaron jumbo Rocket Boomer 282 (figura 39)

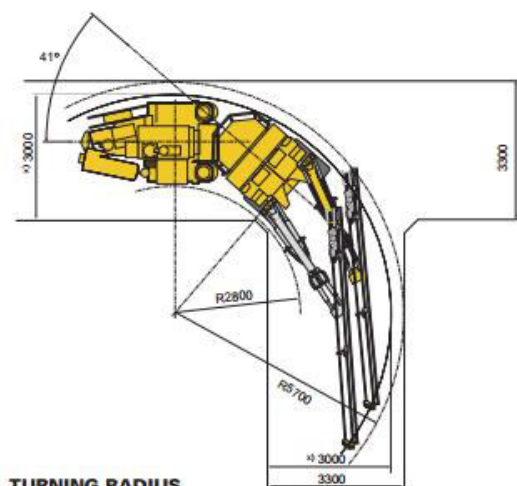
Measurements



SIDE VIEW



COVERED AREA



TURNING RADIUS

Figura 39: Dimensiones de Jubo de perforación. Fuente: Minera Buenaventura

Malla para tajeo para el primer corte se avanzó como si fuera una malla, siempre cuidando las cajas y con una dilución de 0.5m. de desmonte, para los cortes siguientes, el relleno dejó una cara libre en la parte inferior de 0.5m, lo cual permitió que en la perforación de la malla fuera conformada por filas.

Malla para avance (4.5x4.5)

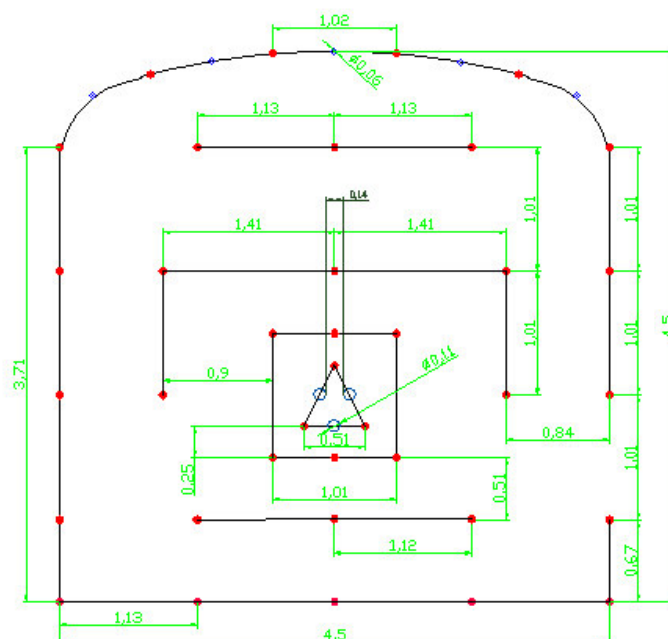


Figura 40. Diseño de malla de perforación en sección mina. Fuente Minera Buenaventura

Limpieza y acarreo fue tomando los máximos valores: 3m. de avance x 4.5m. de altura x 5m, de ancho = $67.5m^3$, si el máximo peso específico es del mineral con $3 \text{ tn}/m^3$, por cada voladura de frente se acarrió: $202.5t$ + esponjamiento = 205 t , en una guardia de 12 horas y 8 horas de trabajo efectivo.

Equipo a emplear el ST1030LP – 10 t, fueron 41 viajes en 8h, 5 viajes /h, su ciclo de carga-traslado-descarga fue 12min. (figura 41)

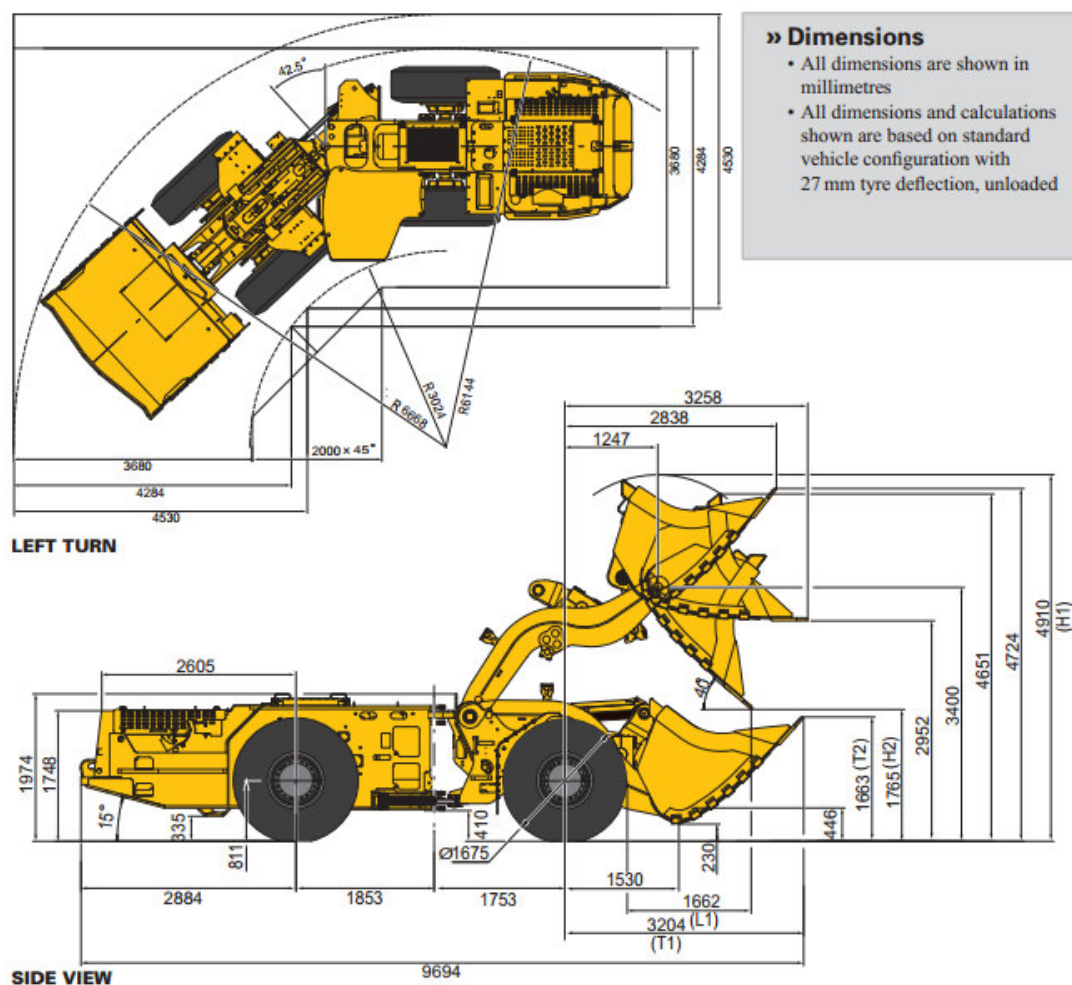


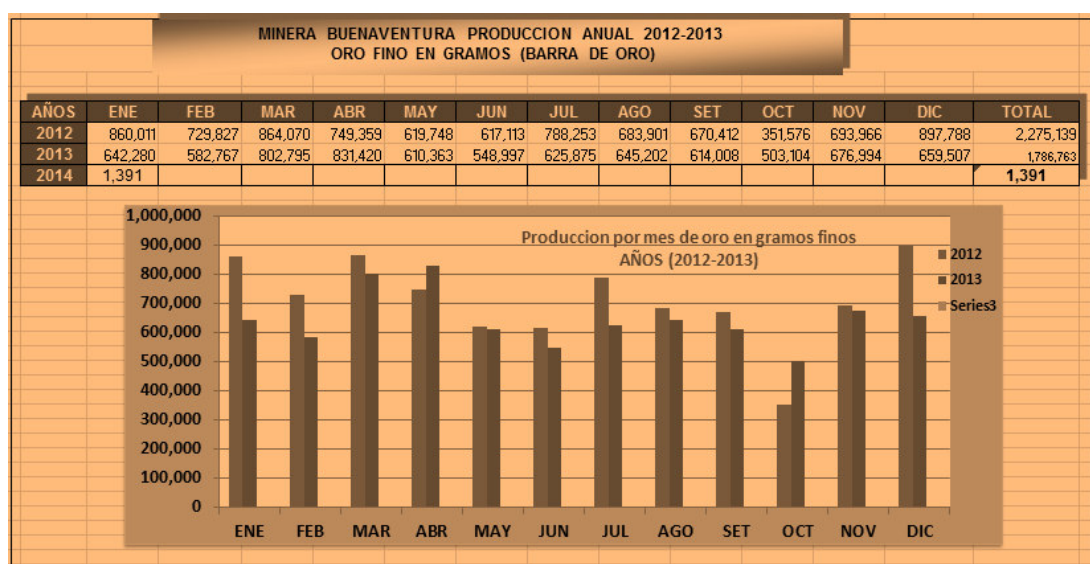
Figura 41. Equipo pesado para carga y transporte de mineral. Fuente: Minera Buenaventura

Transporte estos vehículos, no solo estuvieron en interior mina, sino también se movilizaban en superficie hasta planta o alguna cancha de mineral según sea el caso, la inversión en estos equipos para la empresa fue un alto costo, le convino alquilarlos o contratarlos por cantidad de material movido o por horas, dada la alta flexibilidad de los volquetes este fue el equipo que se utilizó, si entran a mina el equipo sufriría un ajuste en su cabina, y en su tolva, para evitar abolladuras en la cabina con los hastiales o techo de alguna labor.

Las especificaciones de requerimiento se contrataron y negociaron con la empresa que brindara los servicios a la mina, en nuestro caso recomendamos que el volquete adecuado debería tener las siguientes especificaciones:

MODELO: FMX-8X4 R
 MARCA: VOLVO
 PASAJEROS: 1
 LONGITUD: 8.28m.
 ALTURA: 3.46 m.
 ANCHO: 2.6 m.
 PESO BRUTO: 32 Tn
 PESO NETO: 57 Tn
 CARGA UTIL: 25 tn

Producción



Cuadro 08: Producción proyectado de mina Buenaventura, periodo 2012-2013.

Fuente: Diseño del autor

3.5. Extracción de minerales en minera Aruntani

Tipo de yacimiento, El yacimiento está dentro de una secuencia de rocas volcánicas del terciario, es tipo ácido sulfato conteniendo oro diseminado; la ubicación geológica regional del área de estudio corresponde a la geología del altiplano peruano del departamento de Puno, en la cuenca del río Ramis, afluente del lago Titicaca; en la vertiente oriental de la cordillera occidental de los andes, regionalmente está constituida por la cordillera volcánica, formada por picos, conos volcánicos y derrames lávicos; de edad terciaria. esporádicamente se encuentran afloramientos de formaciones estratigráficas de edad Cretácea, en el área de estudio solamente se encuentran rocas volcánicas y depósitos cuaternarios, en general el volcanismo presenta tres fases de actividad, relacionadas con los Grupos Tacaza (Oligoceno Superior-Mioceno inferior), Sillapaca (Mioceno medio) y Barroso (Mioceno superior-Plioceno), las últimas fases volcánicas produjeron erupciones ignimbríticas. la estructura geológica de mayor importancia se observa en la parte central del área del valle está controlado por un sistema de fracturas N80°E, las cuales serían el trend principal de mineralización proveniente del cerro Huarucane, esta orientación se observa desde el cerro Ajanani (valle Este), la parte Norte está controlada además por estructuras N60°E mineralizadas, la zona se encuentra atravesada por fallas controladas por quebradas y áreas depresivas.

Modelo geológico conceptual, las alteraciones hidrotermales con predominio de sílice masiva craquelada y la sílice granular considerando lixiviación y sílice vuggy, la presencia de sílice alunita en la zona Oeste y Este del yacimiento, mientras que en los bordes del cuerpo mineralizado aumenta la sílice alunita y arcillas. **Los lineamientos Estructurales**, con fallas de tendencia E-W determinan la elongación del cuerpo mineralizado, controlado por estructuras N 70 - 80° E trasandino, cortando a estructuras N 30° W, paralelas al rumbo andino.

superficie y profundidad (taladros), nivel oxido-sulfuro y cuerpos mineralizados > 0.15 g/t Au.

	Toneladas (TM)	Au (g/t)	Onzas
Saldo de Reservas 2013	51'919,971	0.387	645,450
Recurso Indicado al 2013	16'000,000	0.39	200,000
Recurso Inferido al 2013	23'328,000	0.4	300,000

Cuadro 09. Reservas probadas y potenciales. Fuente: Cia Minera Aruntani

Reserva probada el cálculo de los minerales en óxidos es **15'705,327 TM a 0.374 g/t Au = 188,652 onzas**

SECCION	TONELAJE	LEY	ONZAS Au
2	215,062	0.164	1,133
3	2'549,649	0.360	29,507
4	4'586,386	0.368	54,279
5	6'190,385	0.451	89,827
6	2'163,844	0.200	13,905
	15'705,327	0.374	188,652

Cuadro 10. Reservas por sección. Fuente: Cia Minera Aruntani

Ley de corte fue considerada para esta operación de 0.3 g/t Au, y la ley operativa de 0.4g/t Au.

Ciclo de minado se dieron los siguientes parámetros de operación:

Angulo de Talud final del Pit	45º
Altura de Banco	8 m
Ancho de Banco	4.27 m
Angulo de Talud Operacional	65º
Ancho de carretera	12 m
Distancia promedio hacia la Chancadora	2.5 km
Distancia promedio hacia el Botadero	1.5 km

Cuadro 11. Datos de diseño de minado. Fuente: Cia Minera Aruntani

Perforación en el año 2012 se usaron 3 perforadoras DM-45E, con brocas tricónicas reconstruidas de 7 7/8" llegando a un rendimiento de 30.5 m/h y

450 mp/und, actualmente se tienen 2 perforadoras con DM-45E y 1 perforadora DML cambiados a martillo de fondo con Bit de 6 ¾", logrando rendimiento de 40 m/h y una vida de 1200 mp/und, las mallas usadas son:

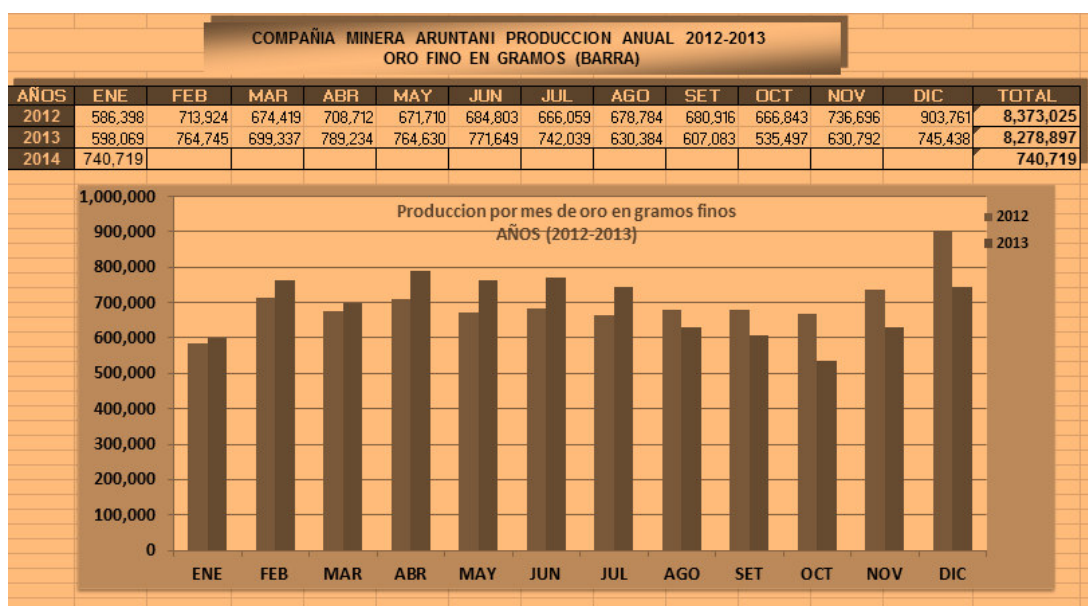
MALLA		BURDEN	ESPACIAMIENTO
MINERAL A CHANCADORA		4.3	5.0
DESMONTE	4.6	5.3	

Cuadro 12: Malla de perforación en banco. Mina Aruntani

Voladura se utilizaron accesorios y agentes de voladura (booster, retardos no eléctricos, anfo, anfo pesado, etc), el carguío de taladros, se está realizando con camión fabrica (kenworth), mezcla de producto de HA-46 para mineral, HA-37 para desmonte, logrando reducir el factor de potencia de 0.42 kg/t a 0.40 kg/t por menor diámetro de taladro de 7 7/8" a 6 ¾" con reducción mínima de malla; obteniendo la misma energía y eficiente rotura.

Carguío actualmente esta actividad se ejecuta con 02 excavadoras 345CL y 01 cargador frontal 992C, con capacidad de cucharas de 3 m³ y 10.5m³.

Transporte el mineral se transporta a dos puntos, principalmente a la alimentación de la chancadora primaria con capacidad de 1000 tn/hr y la zaranda vibratoria con capacidad de 6000 tn/día, ubicados ambos a una distancia de 2.5 km del tajo, el transporte de mineral se realiza con una flota de 22 volquetes scania de capacidad 22.5 m³ (35 toneladas). El desmonte se transportó a los botaderos Jesica y botadero No 5 ubicados a una distancia de 1.5 km y 0.5 km del tajo, se realizó con una flota de 6 volquetes scania de 22.5 m³.



Cuadro 13: Producción proyectado de mina Aruntani, periodo 2012-2013. Fuente: Diseño del autor.

3.6. Extracción de minerales en consorcio minero Horizonte

Tipo de Yacimiento es en un sistema de vetas Parcoy, constituye un complejo estructural mineralizado conformado por 3 franjas: Oeste (vetas Milagros, Lourdes, Sissy-Vannya); centro (vetas Rosa Orquidea, Titos); Este (Encanto, Candelaria) la primera franja es objeto de estudio, el yacimiento es del tipo “relleno de fracturas vetiformes de clasificación mesotermal”, emplazados en el batolito de Patáz de composición calco-alcalino y conformado por granodiorita perteneciente al periodo Carbonífero superior y que se emplaza por debajo de secuencias Precámbricas del complejo metamórfico del Maraón, las principales estructuras formadas son consecuencia de los esfuerzos compresivos y la reactivación de los mismos formando vetas principales con orientación NW-SE (sistema andino) y vetas tensionales con diferentes rumbos y buzamientos propios de sistemas “tipo rosario” formando grandes “lazos cimoides”, seguido de un relleno progresivo y en distintos eventos por cuarzo – pirita que es la asociación principal del ensamble de la veta, acompañado de otros minerales en menor proporción esfalerita, arsenopirita y galena, es la pirita el mineral es receptor de los fluidos con contenido de oro el cual se puede emplazar en

microespacios, relleno de microfracturas o zonas de debilidad como son los contactos microscópicos de cristales de piritita con otros minerales.

Batolito de Pataz es considerado el más grande de la región norte del Perú, es Paleozoico de acuerdo al análisis de K/Ar que reportó 321ma (Miranda C.,1997) corresponde al Mississippiano superior, Carbonífero inferior; se le ha podido reconocer desde el Noreste de Patáz hasta el sureste de Tayabamba 150 Km. tiene forma lenticular al Sur como al Norte, esta geometría es observada en superficie estando limitada por la vegetación y la inaccesibilidad de algunos afloramientos, aún falta reconocer que está cubierto por el complejo Maraón, este batolito se encuentra seccionado por grandes fallas de rumbo N70°W con tendencia al E-W que genera en su mayoría desplazamientos sinestrales y en menor proporción desplazamientos dextrales, dando la apariencia de apretamientos y aperturas del macizo rocoso hasta alcanzar 8 Km. como sucede en la zona de cerro el Gigante y zona de Potacas, en un análisis regional este batolito corresponde a una secuencia de emplazamiento de batolitos tanto al Sur como al Norte, así pues, se tiene el batolito de Oxapampa en el departamento de Cerro de Pasco que posee casi las mismas características litológicas, y por el norte hasta el Ecuador, en ambos casos falta realizar mayores estudios litológicos y cronológicos. se determina que la gran falla o fractura que dio origen a las pulsaciones magmáticas fue de tipo normal formado durante el periodo de distensión de la fase final de la tectónica Eohercínica, que generó grandes fallas de carácter regional los cuales sirvieron de conducto para el emplazamiento del batolito, esta falla tiene una orientación N-S hacia N-NW fue rellenada por material de naturaleza calco alcalina como la granodiorita, la cual es la roca que predomina en este batolito y es huésped de mineralización.

Modelo Geológico conceptual a través de las alteraciones hidrotermales en el yacimiento de oro de Parcoy, para lograr un entendimiento global del emplazamiento mineral sobre las estructuras predefinidas es básico conocer las alteraciones hidrotermales predominantes, ellas dan lugar a la ubicación del foco mineralizante y que no sólo sirve como un complemento fundamental de interpretación genética

sino que sumado al control estructural forma una valiosa herramienta de exploración.

Estructura de la veta Milagros, La estructura se localiza en el sector NN-W del yacimiento, el sistema en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM N-9113200 hasta N-9114400 y E-225200 hasta E-226000. Tiene una dimensión de 1200m explorada, desarrollada y actualmente en operación, en proyección vertical se ha definido 670 metros desde el nivel 3100 (superficie) hasta el nivel 2430 de túnel Balcón, el ancho de veta promedio es de 2.15m y abarca sectores de 0.8m - 4m. La estructura Milagros corresponde la zona Norte de las operaciones de C.M.H.S.A, su aporte a la producción es de 450 tm/día de mineral con leyes de 13.5 gr/t Au, que corresponde el 37.5 % de la producción de la mina, la extracción de mineral se reúne en 2 niveles principales, el nivel 2600 (túnel Horizonte) y el nivel 2765 (Golden), toda la zona de operación estuvo enlazada en 5 niveles de ingreso y salida (figura 43).

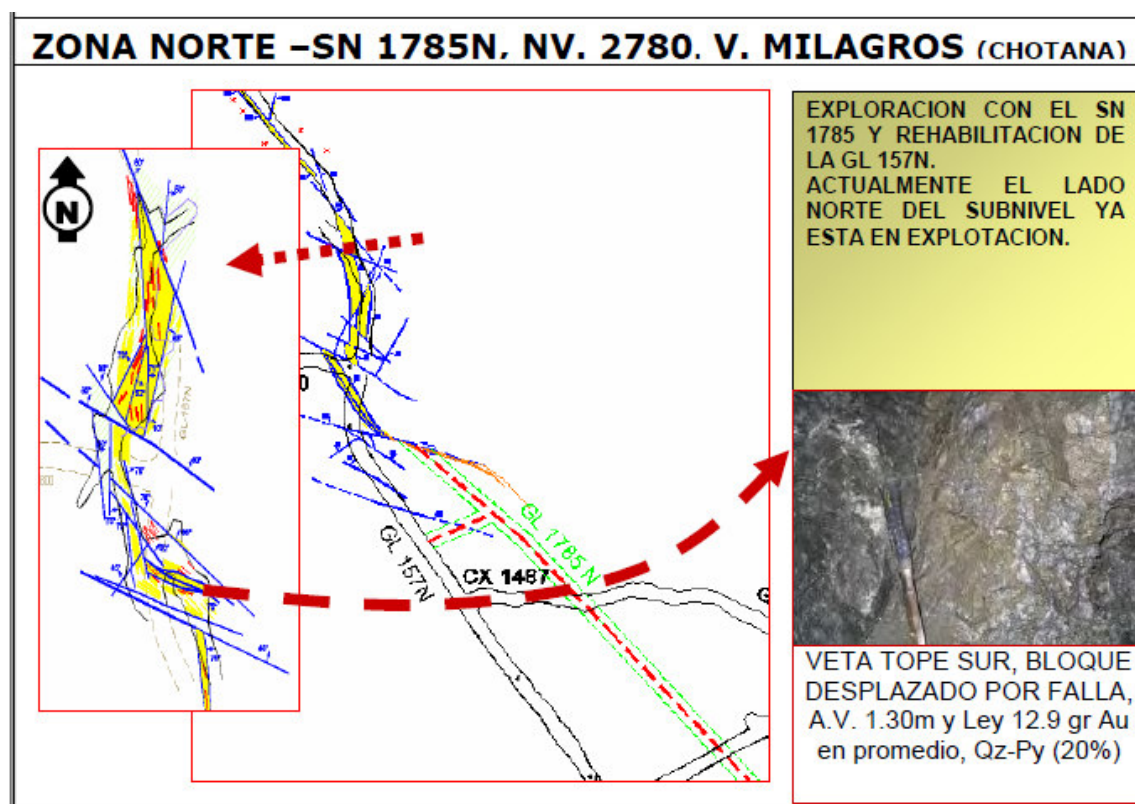


Figura 43. Modelo geológico conceptual. Fuente: Consorcio Minero horizonte

La Veta Maricruz nace en la zona de intersección entre las vetas Milagros y Milagros Este ubicado en el sector norte del sistema en cuestión, se proyecta en dirección sur haciendo un “Lazo Cimoide” con la veta Milagros hasta interceptarse con la veta Milagros Split (producto de una interpretación) actualmente sólo se ha podido definir la parte central de la estructura quedando por explorar las zonas de intercepciones y proyecciones al sur; el rumbo promedio es S 40° E y buzamiento 80° al Oeste haciendo un “huso estructural” con la veta Milagros Split, asimismo el buzamiento al Oeste indicaría que su proyección en profundidad culminaría cuando esta veta se intercepte con el contacto Oeste (Mesozoico) y se entiende que este contacto es de origen estructural y actuó como agente de esfuerzos compresionales generando estas estructuras mineralizadas.

Ley de corte, las reservas probadas calculadas en una estructura dimensionada fue de 5'185,800t con una ley de corte de 9 g/t Au y una ley operativa de 13g/t Au., se estimó una reserva probable de 4'667,22t con las mismas leyes de Au corte o operativas, la ley de corte se estableció para todo las estructuras mineralizadas en 9g/t Au.

Ciclo de minado la extracción de los minerales de las vetas con contenido de oro, se realizan con frentes de extracción mediante el método mecanizado de corte y relleno ascendente, la producción diaria de la mina Parcoy en tres estructuras fue de 1500 TMD que abasteció a la planta de beneficio, explotación corte y relleno con acceso libre con mecanizada perforación en breasting.

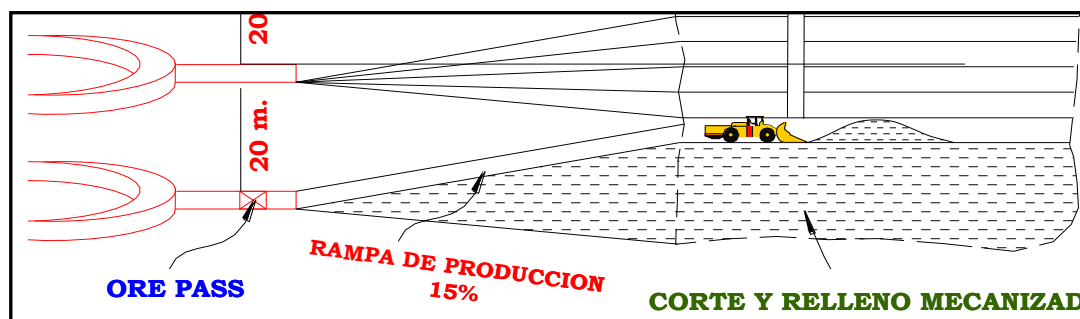


Figura 44. Esquema de corte y relleno ascendente. Fuente: CMH

La unidad minera de Parcoy produjo mineral mediante el método mecanizado de corte relleno ascendente, debido a la baja competencia de la roca encajonante, se utilizó el relleno detrítico proveniente de la misma explotación,

Preparación y desarrollo.

Galerías principales : 4.0 x 3.5 m.

Subniveles : 4.0 x 3.5 m.

Rampas de acceso a tajos : 4.0 x 3.5 m.

(Rampa principal se desarrolló accesos de 57mts de longitud en promedio con gradientes de 15% hacia el cuerpo y tuvo un acceso a cada corte sucesivo, disminuyendo la inclinación, primero a -7.5%, +7.5% hasta el acceso final con inclinación de +15%, estas labores nos permitieron realizar 4 cortes; el solo hecho de tener siempre el acceso libre, permitió mejorar la utilización de los equipos. Los accesos fueron de sección de 4X3.5m hacia la parte central de los cuerpos, entonces por cada tajeo se diseñó 2 frentes de ataque en breasting a lo ancho del yacimiento (figura 45).

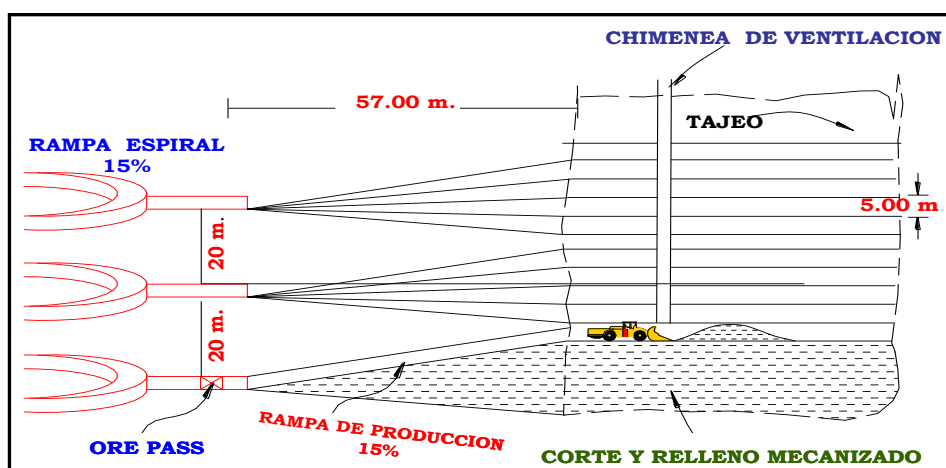


Figura 45. Diseño de Rampa y chimenea. Fuente CMH.

Chimeneas de ventilación	:	40.0 m Ancho
Chimeneas principal	:	3.0 m. Diámetro
Chimeneas Auxiliar	:	1.8 m. Diámetro
Chimeneas Echadero	:	2.1 m. Diámetro

Perforación

Jumbo Axera de dos brazos

Barra de Perforación = 16 pies

Diámetro de Broca = 45 mm

Velocidad de Penetración = 1.8 m/min

Rendimiento = 24 tal/hr

Producción por taladro = 10 t/tal

Producción por Guardia = 1500 t

Producción por día = 3000 t

% de Utilización = 45 %

DM = 85%

Voladura

Carguío Equipo Anfo Loador

Tiempo Promedio de Carguío: 30 a 45 min

Agente de Voladura : Anfo Superfam Emulnor 300 de 1 1/8 pulg. X 8 pulg

Veloc. De detonación = 5700 m/s

Densidad = 1,14 gr./cm³

Accesorios de voladura

Fanel 5.2 mts periodo corto y largo

Pentacord (5gr/cm , 7000 m/s)

Mecha Lenta

Fulminante Comun

Factor de Potencia 0.24 kg / t

Desate y limpieza

Equipo de desate Scaler

Rendimiento 0.97 min /m²

Disponibilidad Mecánica 80%

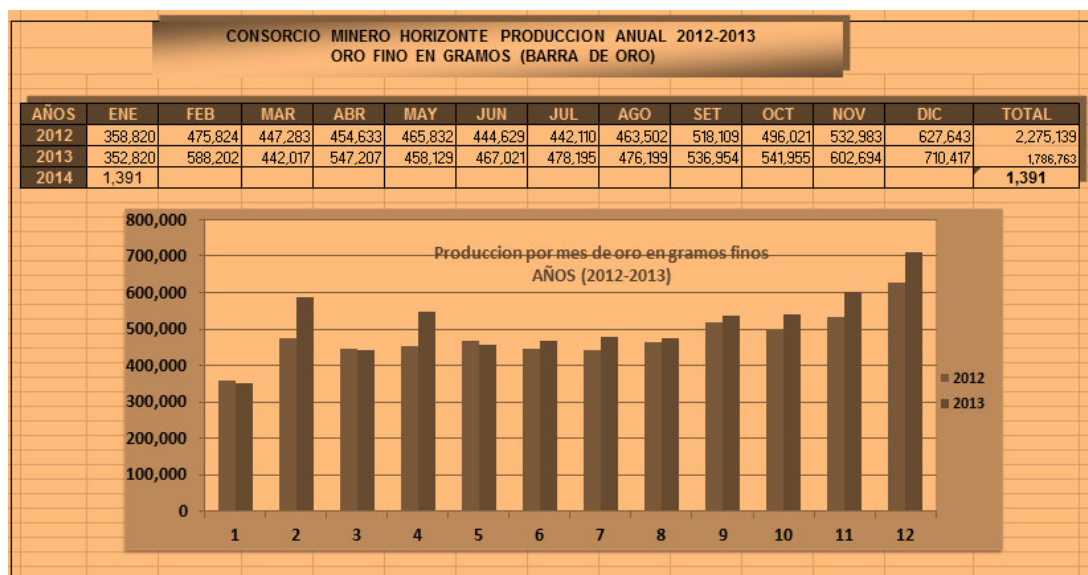
Equipo Scoop de 6 yd³

Rendimiento 85 t/h

Rendimiento por día 1700 t/d

% de Utilización 83%

La producción diaria fue de 1500 TM (figura 48)



Cuadro 14: Producción proyectada de Consorcio Minero Horizonte CMH, periodo 2012-2013.

Fuente: Diseño del autor.

3.7. Extracción de minerales en minera Santa Rosa

Tipo de Yacimiento la compañía minera Santa Rosa (COMARSA) desarrolla operaciones mineras, que consisten en la explotación de un yacimiento de mineral con valores de oro, ubicado en el distrito de Angasmarca, provincia Santiago de Chuco, departamento y región de La Libertad a una altitud de 3 600msnm, este yacimiento de minerales con valores de oro se localiza dentro de las estructuras regionales que corren aproximadamente con rumbo NW-SE, las rocas encajonantes son las areniscas y cuarcitas de la formación Chimú del Cretácico inferior (Valanginiano), que sobreyacen en discordancia erosional a las lutitas y pizarras carbonosas de la formación Chicama del Jurásico (Titoniano superior); las formaciones pre-existentes han sido cortadas por una serie de stocks y sills de intrusivos pórfido feldespatítico a pórfidos graníticos correlacionados con los que afloran en la zona de Quiruvilca y Pasto Bueno que son del Mioceno (Neógeno), la

estructura principal está representada por una serie de pequeños anticlinales y sinclinales asimétricos de rumbo NW paralelos al plegamiento andino, que han sido sometidos a un intenso fallamiento y fracturamiento pertenecientes a las fases tectónicas Inca y Quechua de Paleógeno y Neógeno, la mineralización de oro del yacimiento minero de Santa Rosa está clasificada como un depósito epitermal de alta sulfurización, dicha mineralización, se ubica en sistemas de fracturas o zonas permeables. Los minerales oxidados que rellenan estas fracturas son jarosita, goetita y hematita con oro libre presente en las dos primeras. Inicialmente el oro se depositó con pirita y arsenopirita, un proceso posterior de oxidación que se inició con la presencia de soluciones ácidas de PH bajo que luego fue continuado por las aguas superficiales percolantes hasta llegar a formar el depósito que hoy tenemos, totalmente oxidado y que está localizado dentro de las cuarcitas y areniscas de la formación Chimú (figura 46).

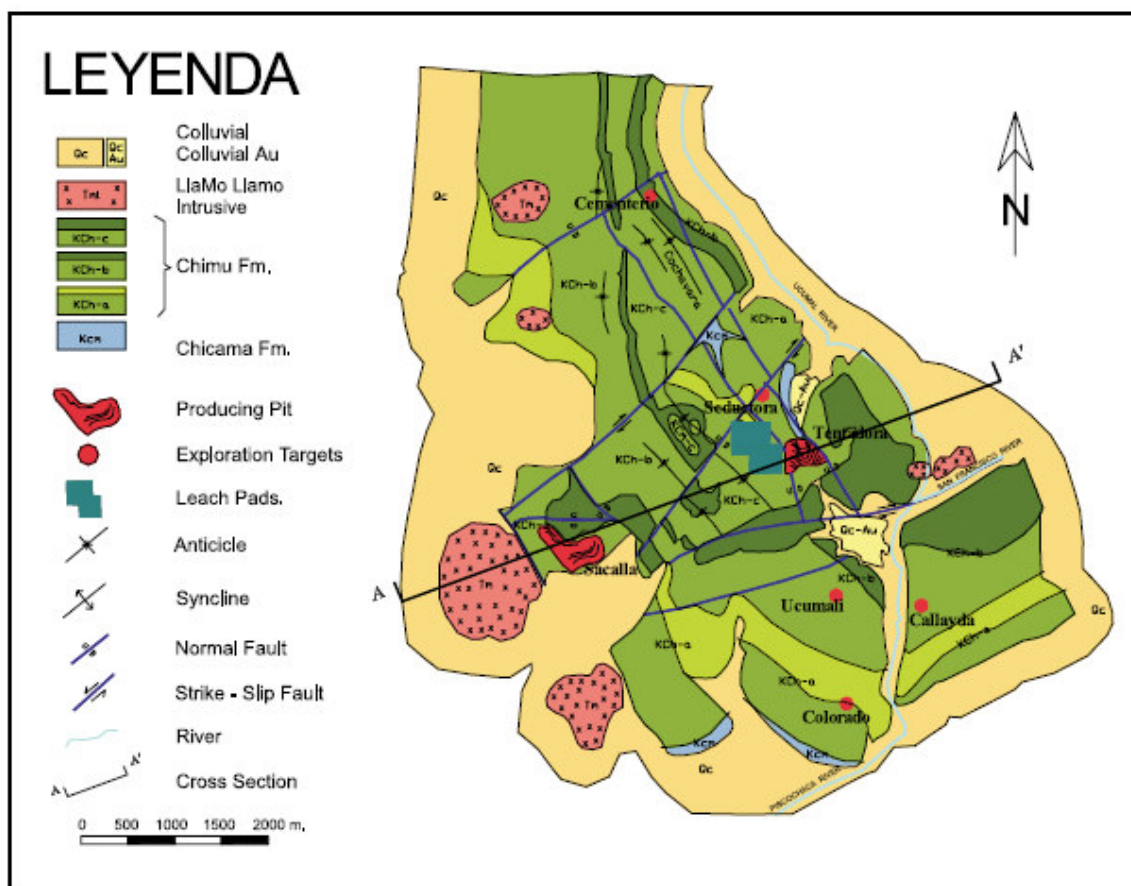


Figura 46: Mapa geológico conceptual del distrito minero de Santa Rosa. Fuente: Cia. Minera Santa Rosa

Con la ejecución del presente proyecto de ampliación COMARSA se proyecta que en el área de operaciones mineras actuales es de 848.291ha se ampliará abarcando un área de 1 164.902ha, de las cuales 316.611ha serán destinadas a la explotación del proyecto Cochavara que comprende un tajo abierto, botaderos, PAD N° 14 y sus respectivas pozas Pregnant y de grandes eventos. COMARSA explota los minerales con por el método de minado a “tajo abierto” del cual fueron acarreado y transportado hacia los PAD's de lixiviación y procesado en la Planta de ADR, mediante la recuperación del oro por carbón activado, su producto final de bullón de oro / plata con contenido de 55% de oro en el DORÉ (figura 47).

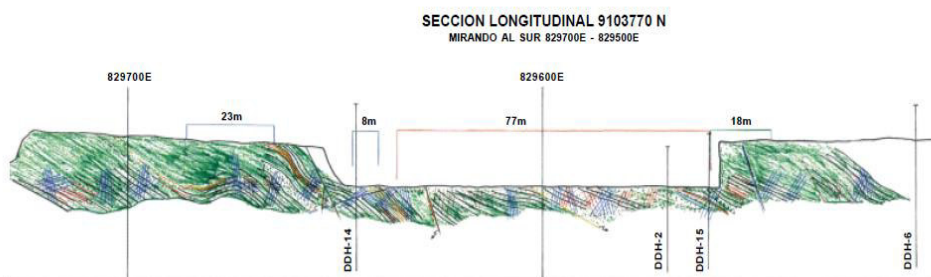


Figura 47: Sección geológica de rocas encajonantes mineralizadas de la formación chimú.
Fuente: Cia Minera Santa Rosa.

Modelo Geológico Conceptual, el área del yacimiento pertenece a una región geológica donde las rocas expuestas corresponden principalmente a rocas sedimentarias y metamórficas de las Formaciones: Chicama, Chimú, Santa-Carhuaz, Farrat, Chúlec y rocas ígneas representadas por el volcánico Calipuy, depósitos cuaternarios (coluviales, aluviales, fluviales) y rocas intrusivas.

La formación Chimú localmente es la más extensa por lo que, geólogos de COMARSA han determinado para el área de la mina cinco miembros en esta formación los cuales son:

Miembro A: Delgadas interrelaciones de areniscas, limolitas y lutitas con horizontes de cuarcita y lentes de carbón. Esta unidad es la que sobreyace directamente a la Formación Chicama.

en las estructuras Este-Oeste, información que no se había logrado mediante los taladros verticales, basándose en información geológica obtenida durante la campaña de perforación del año 1997 y en información geológica reciente, se puede concluir que el tajo Tentadora contiene alrededor de 8.1 millones de toneladas de reservas probables con una ley promedio de 0.8 gr/t Au (0.02 5 opt) o aproximadamente 200,000 onzas de oro, se incrementaron 6 perforaciones diamantinas y 4 perforaciones en reversa en el tajo Sacalla donde se cubico 6 millones de toneladas de mineral con ley promedio de 1 gr/t Au, finalmente se cubico superficialmente 25 millones de toneladas de mineral en una estructura de 120m por 6 mil de longitud y mil metros de profundidad con una ley de 1gr/t Au, haciendo un total de una reserva de mineral de un millón de onzas de Au.

Ley de corte se considera una ley de corte estimado es de 0.40 gr/t Au y la ley operativa de 0.47 gr/t Au, con una producción de 25,000 TMD de mineral, la relación de mineral desmonte fue de 2.1, lo que significa que diariamente existió 50 mil toneladas de desmonte o relave.

Ciclo de minado la extracción del mineral se realizó en tres tajos “Tentadora”, “Sacalla” y “Clarita” con un banco de 15m de altura los datos se presentan en la tabla 14.

Angulo de Talud final del Pit	45º
Altura de Banco	15 m
Ancho de Banco	10 m
Angulo de Talud Operacional	65º
Ancho de carretera	35 m
Distancia promedio hacia la Chancadora	2 km
Distancia promedio hacia el Botadero	1 km

Cuadro 15. Datos de diseño de pit. Fuente: Comarsa

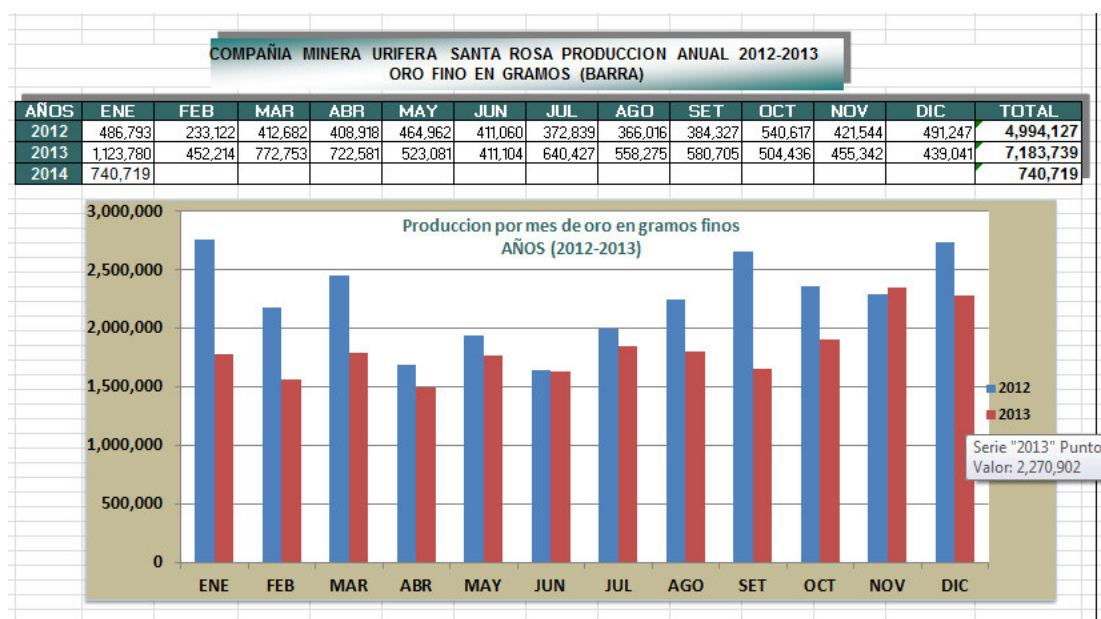
Perforación y Voladura se contó con 4 perforadoras ingersol rand DM 45E y una perforadora ingersol rand CM 695D, para la voladura se emplea como carga explosiva, heavy anfo, que es una mezcla compuesta por 50% de emulsión y 50% de anfo, con este explosivo se logra una fragmentación de

acuerdo a los requerimientos de planta y permite reducir los costos unitarios globales, ya que mejora el rendimiento de los equipos de carguío.

Carguío los equipos de mayor capacidad, excavadoras y cargadores 980G, WA500 y L180 son usados preferentemente en el carguío de mineral, los equipos de menor capacidad se emplean como equipos auxiliares en botaderos, manipuleo de materiales, etc.

Acarreo para el transporte de mineral y desmonte, se empleó volquetes. Adicionalmente se contó con equipo para trabajos de apoyo a las operaciones como son: volquetes, equipo de carga, equipo de empuje y carga, Tractor D8, Tractor D6.

Producción



Cuadro 16, producción de mina COMARSA 2012-2013, fuente: MEM.

CAPITULO IV

MODELO DE GESTION POR PROCESOS

4.1. Marco de referencia en el ciclo de minado

4.1.1. Enfoque por proceso del ciclo de minado.

Mejora continua

A través de los años, los empresarios han manejado sus negocios trazándose sólo metas limitadas, que les han impedido ver más allá de sus necesidades inmediatas, es decir, planean únicamente a corto plazo; lo que conlleva a no alcanzar niveles óptimos de calidad y por lo tanto obtuvieron baja rentabilidad en sus negocios, según los grupos gerenciales de las empresas japonesas, el secreto de las compañías de mayor éxito en el mundo, radica en poseer estándares de calidad altos, tanto para sus productos como para sus empleados; por lo tanto, el control total de la calidad es una filosofía que debe ser aplicada a todos los niveles jerárquicos

en una organización, y ésta implica un proceso de mejoramiento continuo que no tiene final, dicho proceso permite visualizar un horizonte más amplio, donde se buscará siempre la excelencia y la innovación que llevarán a los empresarios a aumentar su competitividad, disminuir los costos, orientando los esfuerzos a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

Este proceso busca asegurar la participación de todos los intervinientes en los procesos de la cadena productiva. Para ello se debe adquirir compromisos profundos, ya que el empresario es el principal responsable de la ejecución del proceso y la más importante fuerza impulsadora de su empresa. Para llevar a cabo este proceso de mejoramiento continuo, tanto en un departamento determinado como en toda la empresa, se debe tomar en consideración que dicho proceso debe ser: económico, es decir, debe requerir menos esfuerzo que el beneficio que aporta; e incrementada, es decir, que la mejora que se haga permita abrir las posibilidades de sucesivas mejoras a la vez que se garantice el cabal aprovechamiento del nuevo nivel de desempeño logrado.

Definiciones de mejoramiento continuo

Para James Harrington (1993), “él mejorar un proceso, significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso”.

Fadi Kabboul (1994), define “el Mejoramiento Continuo como una conversión en el mecanismo viable y accesible al que las empresas de los países en vías de desarrollo cierran la brecha tecnológica que mantienen con respecto al mundo desarrollado”.

L.P. Sullivan (1994), define “el Mejoramiento Continuo, como un esfuerzo para aplicar mejoras en cada área de la organización a lo que se entrega a clientes.”

E. Deming (1996), “la administración de la calidad total requiere de un proceso constante, que será llamado Mejoramiento Continuo, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca”.

Esto quiere decir que, el mejoramiento continuo es un proceso, que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo.

Importancia del mejoramiento continuo de los procesos es necesaria para ser y permanecer entre los más competitivos, la importancia de esta técnica gerencial, radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización. A través del mejoramiento continuo se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado hasta llegar a ser líderes. (Espegel, 1993)

Actividades Básicas de Mejoramiento de acuerdo a un estudio en los procesos de mejoramiento puestos en práctica en diversas compañías en Estados Unidos, según Harrington (1997), existen diez actividades de mejoramiento que deberían formar parte de toda empresa, sea grande o pequeña:

Obtener el compromiso de la alta dirección, establecer un consejo directivo de mejoramiento, conseguir la participación total de la administración, asegurar la participación en equipos de los empleados, conseguir la participación individual, establecer equipos de mejoramiento de los sistemas (equipos de control de los procesos), desarrollar actividades con la participación de los proveedores, establecer actividades que aseguren la calidad de los sistemas, a desarrollar e implantar planes de mejoramiento a corto plazo y una estrategia de mejoramiento a largo plazo, establecer un sistema de reconocimientos.

4.1.2. Gestión de procesos en minado subterráneo

Perforación, es del tipo horizontal o breasting, el ancho de minado mínimo es de 0.8 m y 2.7 m de altura como máximo se usa perforadoras tipo jackleg, utilizando barrenos integrales de 4, 6 y 8 pies de longitud, se perfora una malla cuadrada con espaciado y burden que oscilan entre 0.6 y 0.85 m., esto depende de la calidad de la masa rocosa, la eficiencia de la perforación según el barreno que se emplea esta como lo indica la tabla N°15 adjunta.

Long. Barreno (m)	Long. Efectiva (m)	Eficiencia de perforación
1.80	1.50	83%
1.50	1.35	90%
1.20	1.05	88%

Cuadro 17. Eficiencia de Perforación. Fuente: Cia Minera Buenaventura

Voladura, los explosivos utilizados en la voladura son: dinamita de 65% y Exadit 45%. Se hace con Carmex, un accesorio ensamblado de 7 pies de longitud, que consta de conector, mecha y fulminante y para iniciar la voladura se usa mecha rápida. Cada corte del tajeo se inicia en la parte central para que así quede dividido en 2 alas.

La eficiencia de los avances según el barreno que se emplea esta como lo indica el cuadro 2 adjunto.

Long. Barreno (m)	Long. Efectiva (m)	Avance real (m)	Eficiencia de avance
1.80	1.50	1.45	97%
1.50	1.35	1.30	96%
1.20	1.05	1.00	95%

Cuadro 18. Eficiencia de Avance. Fuente: Cia Minera Buenaventura

Sostenimiento, depende del tipo de labor en el que se vaya a realizar, para el caso de tajos por ser labores temporales se utiliza pernos Split set y malla electro soldada, a diferencia de subniveles y

niveles que por ser labores permanentes llevan cuadros de madera por el RMR que poseen, las recomendaciones e indicaciones para el tipo de sostenimiento a usar en las labores lo realiza el área de geotecnia.

Limpieza y acarreo, la limpieza comprende en evacuar el mineral volado de los tajos esto se realiza con rastra de 0.1m^3 , accionados con winches eléctricos de 15 HP, para luego proceder con el acarreo del mineral de los tajos hacia las cámaras y posteriormente a los ore pass que existe en cada nivel.

Transporte principal, desde las ore pass, el mineral es descargado en los volquetes para su respectivo transporte a superficie.

Levantamiento de los echaderos y caminos, una vez concluido un corte se procede a levantar la chimenea para poder darnos paso e ingresar al siguiente corte, se hace colocando puntales en línea de 6" y 8" de diámetro, bloqueado de caja a caja en una distancia de 1.50m, en el lado del camino, se forra con tablas clavadas desde el echadero al camino y en los extremos, para contener el relleno se coloca rajados de 3 – 4" de espesor.

Relleno se hace uso del relleno en pasta, que es una combinación de cemento y agregados. La calidad del relleno va depender de cuál sea la zona a rellenar.

Detalle de actividades en los tajeos, espera para chispero, carguío, colocación de pernos de Split set, perforación para la colocación de pernos, espera de los materiales de sostenimiento, colocación de pernos para el acarreo de mineral, descanso en las labores, almuerzo/ventilación, orden de limpieza, perforación del

frente de extracción, muestreo y marcado del frente, colocación de malla, traslado del jackleg al frente, descanso en las labores, traslado del personal a sus labores, cambio de guardia.

4.1.3. Gestión de procesos en minado superficial

Diseño de talud, el primer paso en el diseño de los taludes de un tajo abierto consiste en definir los llamados sectores de diseño, identificando luego dentro de cada sector los distintos modos o tipos de inestabilidad que se podrían presentar en cada uno de estos, analizando para cada sector los taludes de banco, taludes interrampa y talud general.

Definición de bancos, taludes interrampa y generales en minería superficial los taludes de un tajo abierto tienen tres componentes: los bancos, el ángulo de talud interrampa y el ángulo de talud general. En la Figura 49 se muestra gráficamente cada uno de estos componentes.

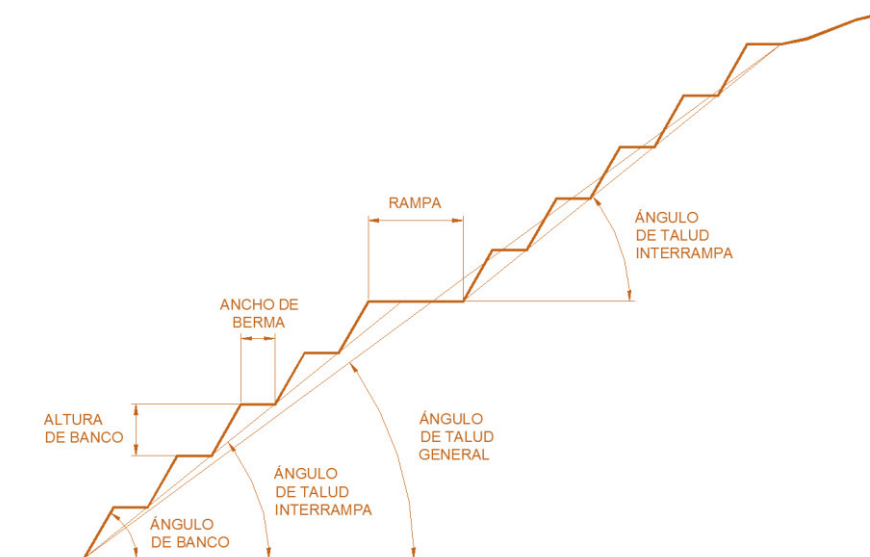


Figura 49: Definición de los principales componentes de un talud en minería superficial. Fuente: C. Lopez Jimeno

Los bancos están a su vez definidos por su altura, su ángulo de cara y el ancho de berma de seguridad. Estos tres componentes están

relacionados entre sí con el ángulo de talud interrampa, mediante la relación que se indica (Figura 50).

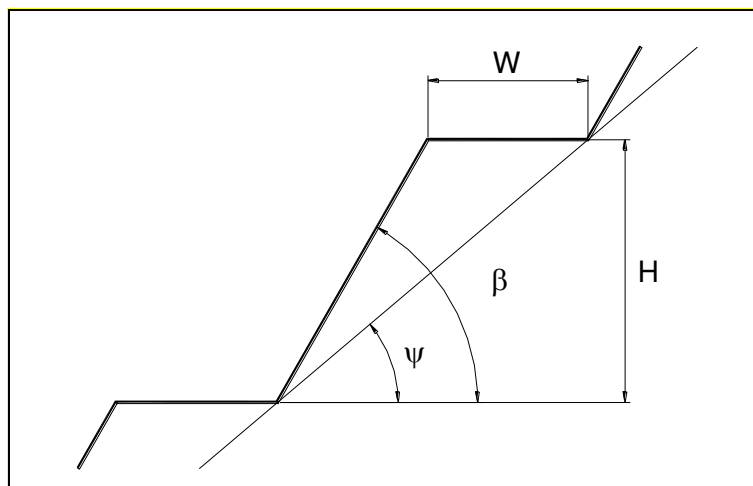


Figura 50: Relación geométrica entre el ángulo de talud interrampa y los componentes de un banco. Fuente: C. Lopez Jimeno.

$$W = H (\cotg \psi - \cotg \beta)$$

Dónde: β = Ángulo de Talud Interrampa
 ψ = Ángulo de Cara de Banco
 H = Altura de Banco
 W = Ancho de Berma de Seguridad

El ancho de la berma de seguridad depende de la altura de banco, su finalidad es contener las rocas que pueden desprenderse desde la cresta y evitan que caigan al fondo del pit.

La relación empírica más empleada para determinar el ancho de berma de seguridad se desprende de los criterios desarrollados por RITCHIE (1963), modificados posteriormente, CALL & SAVELY,(1990); CALL, (1992), y se expresa mediante las relaciones:

$$W = 0.2 H + 2.0, \quad \text{para } H \leq 9.0 \text{ m}$$

$$W = 0.2 H + 4.5, \quad \text{para } H > 9.0 \text{ m}$$

Tajo abierto (open pit), abarca 150ha, si es así, el tajo tendrá 1750m, en su eje mayor Norte-Sur, su ancho eje menor será de 1050m Este- Oeste, si su elevación o superficie del terreno está a 3980 msnm, su profundidad variará de 70-255m, se excavará 266mt de mineral por año, disgregado 116mt de roca mineralizada y 150mt de roca estéril.

La perforación y voladura en roca se realizará en bancos de 10m, en mayor porcentaje de lo proyectado a volarse en el pit, los taludes estarán dentro del rango 35º - 45º, en los taludes ubicados al Sur-Este al Nor - Oeste. La profundidad final del pit será alcanzada en su esquina Sur - Este, hecho que sucederá en el quinto año, coincidiendo el inicio de su relleno.

En las últimas fases de la operación, el tajo se rellenará parcialmente y a su cierre se llenará con agua, cuyo espejo este 4025 - 4035msnm, la flota de carguío del equipo de mina para usarse en el proyecto, incluirá dos o tres perforadoras, tres a cuatro cargadores frontales con capacidad de 20m³ y catorce camiones de acarreo de 136t cada uno, el primer año se necesitarán nueve camiones de acarreo, que subirán a 14 al cuarto año de producción, La flota se seleccionó considerando la experiencia de MBM, en la minas como Pierina, similar al Alto Chicama, indicamos que simultáneamente se puede trabajar en tres áreas diferentes del pit, en la selección final de la flota de carguío se considerará la carga, la altura del banco, las distancias de acarreo y las negociaciones con sus proveedores, en caso de ser diferente a la presentada en el proyecto, esta no cambiará el EIA.

Perforación y Voladura está presente en toda operación minera a tajo abierto, una fase que influye en la productividad de la operación, es el proceso de perforación y voladura de rocas, por ello en los últimos años, está ha experimentado una evolución tecnológica, ella permite mejor

aprovechamiento y control de la energía que genera los explosivos, como consecuencia reduce los costos generales de la operación minera.

La tecnología usada en Cuajone, se concreta en las características de los macizos rocosos, explosivos seguros, cargado mecanizado de explosivos, iniciación segura de mechas y evaluación computarizada de voladura en rocas

Equipos de Perforación, usados en el minado a tajo abierto:

Perforadoras P&H 120 A:

- Compresor nominal 3 600 cfm y 55 psiØ, 311 mm - 12 ¼"Ø, profundidad (single pass), 19.8m, 65 pies, motor principal, eléctrico 700HP, empuje, 68 038kg – 70 000kg, peso, 165 564 kg – 175 000Kg

Perforadora P&H 100XP

- Compresor nominal, 3 600 cfm y 55 psiØ, 311mm - 12 ¼" Ø, profundidad (single pass), 19.8m, equivalente - 65 pies, motor principal, eléctrico 1 000 HP, empuje, 49 940 kg equivalente 110 000 lb, peso, 110 200 kg equivalente - 242 945 lb

Perforadora Bucyrus 49RIII

- Compresor nominal, 2 950 cfm y 60 psiØ: 311 mm - 12 1/4 pulg, profundidad (single pass), 19,8 mt, 65 pies, motor principal, eléctrico 600 HP, empuje, 55 000 kg – 122 000 lbs, peso, 122 500 kg – 270 000 lbs.

Rendimiento de las perforadoras

- P & H 120A es de 35 m/h., P & H 100XP es de 28 m/h. Bucyrus es de 26 m/h. tiene que haber un equipo de perforación secundaria "Track Drill", de broca 3 ¼"Ø, y un barrenos los 3m.

Voladura

El explosivo en taladros secos o con agua, empleado en la mina Comarsa es Heavy- Anfo en mezclas de HA28, HA37 - HA 45.55 - HA 64, HA73.

Los accesorios usados en voladura de rocas son, retardos en superficie (0ms; 17ms, 42ms, 109ms), retardos de fondo de 600ms, booster de 2 lbs, cordón detonante 5p, emulsión encartuchada para precorte, línea silenciosa, fulminante balín, o se usa una pistola de tubos de choque para encendido y el sistema de control digital de energía i-kon en caso de disparos electrónicos

Equipo para voladura, camión fábrica auger, marca FORD, sistema tread, capacidad 12t de nitrato de amonio, 5t de emulsión: 350 galones de petróleo tipo vaciable

Camión fábrica quadra marca FORD, sistema tread, capacidad 6t de nitrato de amonio, 8t de emulsión : 150 galones de petróleo, tipo bombeable, camión fábrica Unibody vaciable, camión fábrica Unibody bombeable mini cargadores Bobcat uso, tapar los taladros de voladura

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (US\$)	COSTO (U\$)
Nitrato de Amonio	kg	1000	0.63	630
Emulsion Matriz	Kg	0	0.59	0
Diesel-2	gln	20	4.02	79.6881195
Cordon Detonante 5G	mts	1305	0.21	274.05
Booster DM450 2 H	pza	0	3.37	0
Puente de 8 mts de 25MS (retardos)	pza	0	2.17	0
Puente de 8 mts de 35MS (retardos)	pza	0	2.17	0
Puente de 8 mts de OMS (retardos)	pza	0	2.17	0
fulminante Nº 08	pza	0	0.14	0
Iniciador de 1.6 mts de OMS (guia y mecha)	mts	0	1.65	0
Guia	mts	0	0.15	0
Fanel Dual 500/17	Pza	0	2.86	0
Mangas de plastico	mts			0
personal				0
				0
COSTO TOTAL (us\$)				983.738119

Cuadro 19. Calculo de costo de voladura en minería superficial. Fuente.

Diseño del autor.

Limpieza y transporte

Limpieza y transporte, son todas las etapas finales de producción en las operaciones de mina, el mineral extraído de los diferentes bancos es transportado al PAD de lixiviación, para su procesamiento, los minerales estériles son enviados a los botaderos, con el mineral extraído de los bancos o polígonos, se cumple el programa de explotación.

4.2. Modelo de gestión por procesos en minado.

Proceso de minado subterráneo

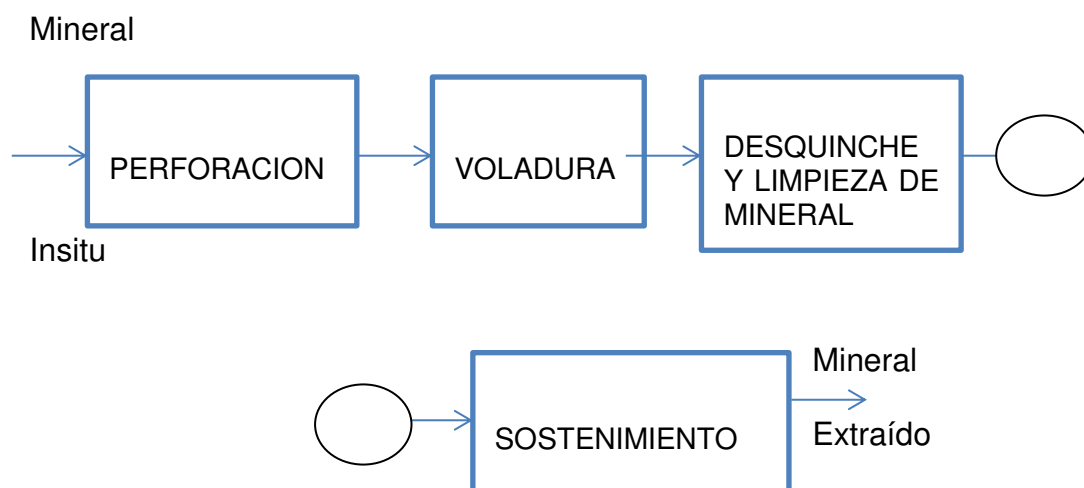


Figura 51: Macro proceso de minado subterráneo. Fuente: Diseño del autor.

Subprocesos

- Diseño y marcado de malla de perforación del frente
- Colocación del equipo de perforación
- Perforación del frente
- Traslado del equipo de perforación
- Colocación del equipo de cargador de explosivos
- Carguío de explosivos en los taladros
- Traslado de equipo de carguío y personal de labor
- Chispeo y voladura

- Ventilación de labor
- Desatado y sostenimiento
- Carga y Transporte de mineral roto
- Diseño y marcado de malla de perforación del frente

Ficha de procesos de minado subterráneo

▪ Proceso de perforación

FICHA DE PROCESO - PERFORACION		CODIGO	PSUBT-001
PROCESO	PERFORACION	DEPARTAMENTO	INGENIERIA
QUE REALIZO?	Prepara, Diseña y perfora los taladras en frente de extracción del mineral		
ALCANCE			
EMPIEZA	Preparación del trabajo de perforación en el frente de extracción		
TERMINA	Elaboración de reporte de tipo de malla de perforación en túnel		
PROVEEDORES		ENTRADA	
Jefe de Guardia, Jefe de Polvorín y Mecánica de rocas		Perfil de diseño de perforación	
Departamento de logística y Maquinaria y equipo		Equipos de perforación	
Maestranza		Equipos de servicios auxiliares	
CLIENTE		SALIDA	
Personal y equipo de carguío de explosivos		Reporte de actividades realizada	
Almacén de explosivos o Polvorín		Calculo de tonelaje de explosivos a consumir	

Cuadro 20. Ficha de proceso de Perforación. Diseño del autor

▪ **Proceso de voladura**

FICHA DE PROCESO - VOLADURA		CODIGO	VSUBT-001
PROCESO	VOLADURA	DEPARTAMENTO	INGENIERIA
QUE REALIZO?	Prepara, Carga y chispea el explosivo en frente de extracción del mineral		
ALCANCE			
EMPIEZA	Preparación del trabajo de carga de explosivo frente de extracción		
TERMINA	Elaboración de reporte de consumo de explosivo Vs, tonelaje roto		
PROVEEDORES		ENTRADA	
Almacén de Explosivos o polvorín		Diseño de malla de detonación y retardo milimétrico	
Departamento de logística, Maquinaria de carguío		Equipos de carga a presión de explosivo	
Almacén		Accesorios y equipo de detonación	
CLIENTE		SALIDA	
Brigada de desquinche y limpieza de frente		Reporte de actividades realizada	
Jefe de guardia		Kilogramos de explosivo consumido y mineral roto	

Cuadro 21. Ficha de proceso de voladura. Diseño del autor

▪ **Proceso de Desquinche y Limpieza**

FICHA DE PROCESO - DESQUINCHE Y LIMPIEZA		CODIGO	DSUBT-001
PROCESO	DESQUINCHE Y LIMPIEZA	DEPARTAMENTO	INGENIERIA
QUE REALIZO?	Prepara, Carga y descarga el mineral y esteril		
ALCANCE			
EMPIEZA	Identificación de área inestable en frente de perforación e inicio de acarreo de mineral		
TERMINA	Elaboración de reporte de zona segura y requerimiento de soporte así como ventilación		
PROVEEDORES		ENTRADA	

Área de transporte, seguridad y mecánica de rocas	Diseño de equipo de limpieza, acarreo y accesorios de soporte
Equipos de carguío y acarreo de mineral	Equipos de carga y transporte de mineral
Área de logística, sostenimiento y Maestranza	Equipo de ventilación
CLIENTE	SALIDA
Jefe de seguridad y guardia o superintendente	Reporte de actividades realizada
Personal y equipo de sostenimiento	Frente de extracción limpia, con soporte y ventilado

Cuadro 22. Ficha de proceso de desquince y limpieza. Diseño del autor.

▪ **Proceso de Sostenimiento**

FICHA DE PROCESO - SOSTENIMIENTO		CODIGO	SSUBT-001
PROCESO	SOSTENIMIENMTO	DEPARTAMENTO	INGENIERIA
QUE REALIZO?	Prepara, instala y coloca accesorios de sostenimiento		
ALCANCE			
EMPIEZA	Identificación del área de sostenimiento en el avance del frente de extracción		
TERMINA	Elaboración de reporte de sostenimiento para continuar con la perforación		
PROVEEDORES		ENTRADA	
Area de seguridad y mecánica de rocas		Diseño de sostenimiento	
Area de logística y Equipo pesado		Accesorios de sostenimiento e instalación	
Maestranza y logística de sostenimiento		Accesorios y equipo de sostenimiento	
CLIENTE		SALIDA	
Jefe de guardia o superintendente		Reporte de actividades realizada	
Brigada de perforación		Tiempo de puesta de accesorios de soporte	

Cuadro 23. Ficha de proceso de sostenimiento. Diseño del autor.

Diagramas de flujo por proceso en minado subterráneo

Diagrama de flujo del proceso perforación

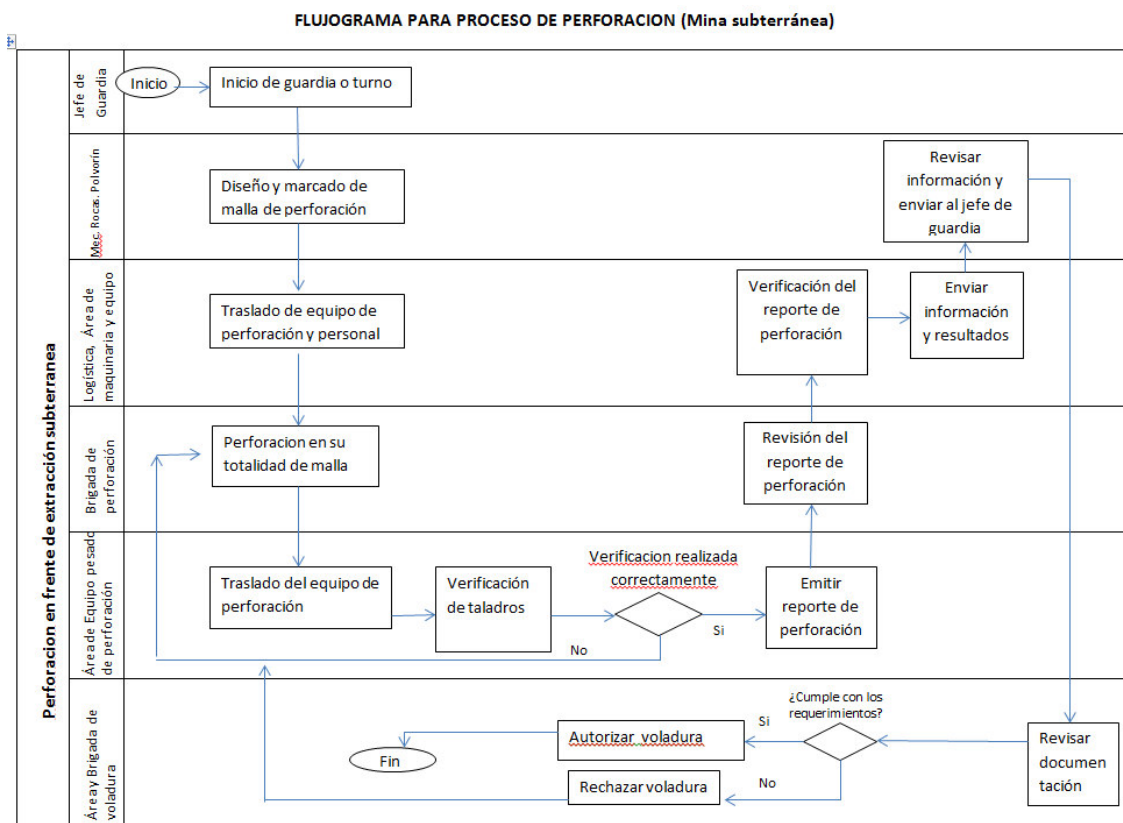


Figura 52. Diagrama de flujo de perforación. Diseño del autor

FLUJOGRAMA PARA PROCESO DE VOLADURA (Mina Subterránea)

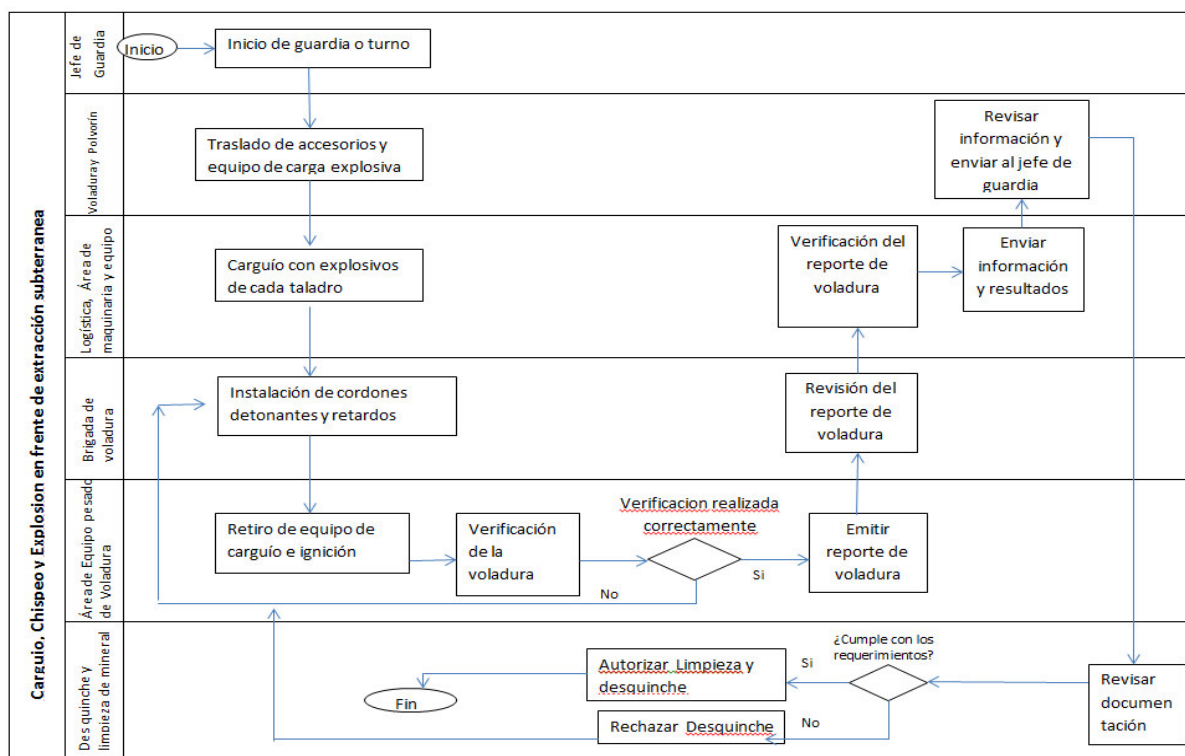


Figura 53. Diagrama de flujo de voladura. Diseño del autor

FLUJOGRAMA PARA PROCESO DE DESQUINCHE Y LIMPIEZA DE MINERAL (Mina subterránea)

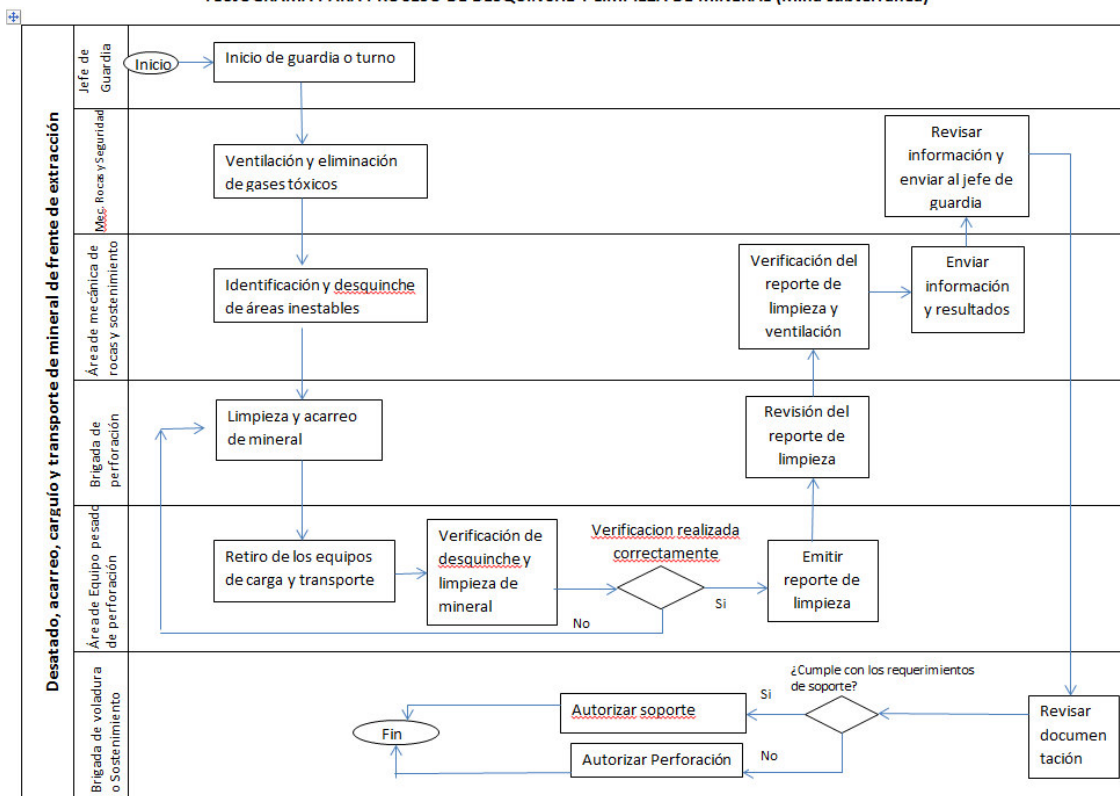


Figura 54 Diagrama de flujo del proceso de desquinche y limpieza. Fuente: Diseño del autor.

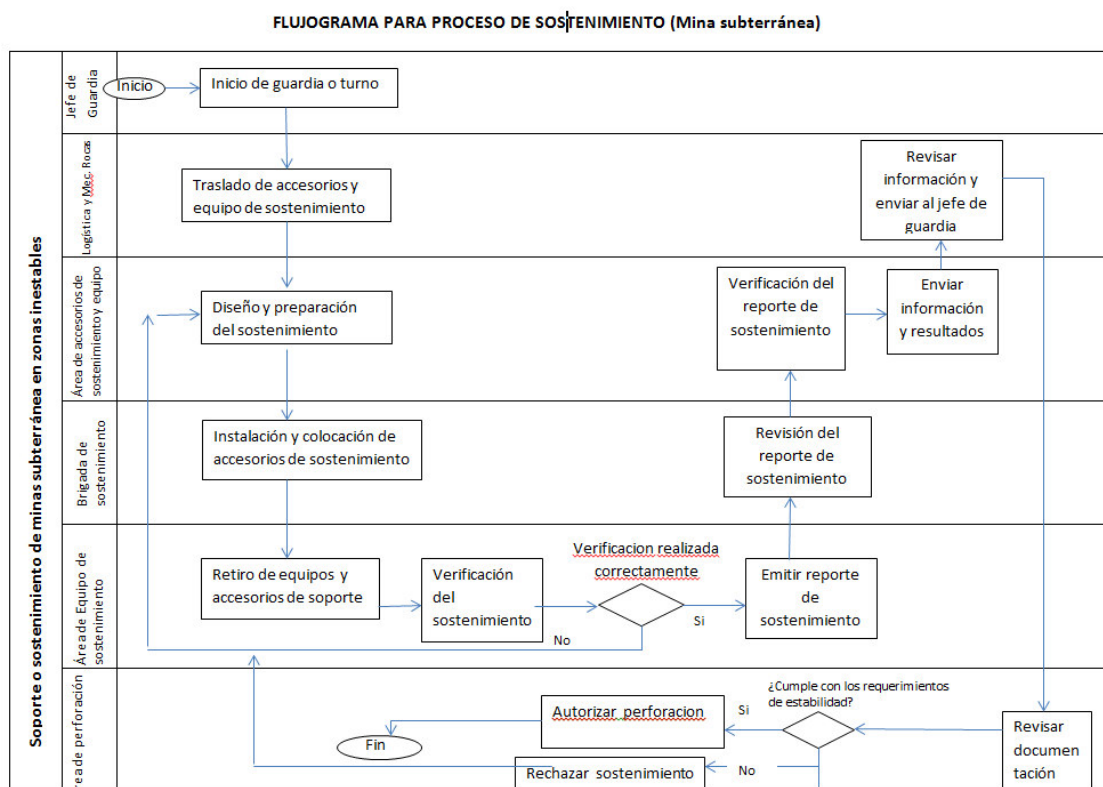


Figura 55. Diagrama de flujo del proceso de sostenimiento. Fuente: Diseño del autor

Minado superficial

Procesos de minado en open pit

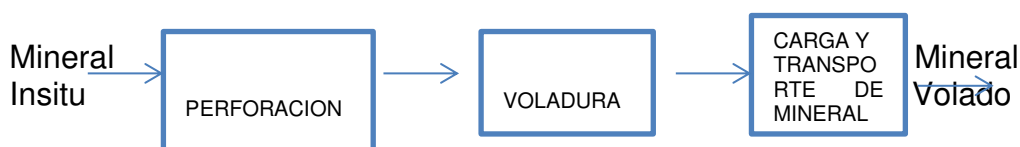


Figura 56. Macro proceso de minado en open pit. Fuente: Diseño del autor

Subprocesos

- Diseño y marcado de malla de perforación
- Colocación del equipo de perforación
- Perforación
- Traslado del equipo de perforación
- Colocación del equipo de cargador de explosivos

- Carguío de explosivos en los taladros
- Traslado de equipo de carguío y personal de labor
- Chispeo y voladura
- Carga y Transporte de mineral
- Diseño y marcado de malla de perforación

Ficha de procesos de minado superficial

FICHA DE PROCESO - PERFORACION				CODIGO	POPENPIT-001
PROCESO		PERFORACION		DEPARTAMENTO	INGENIERIA
QUE REALIZO?		Prepara, Diseña y perfora los taladros en bancos de extracción del mineral			
ALCANCE					
EMPIEZA		Preparación del trabajo de perforación en el banco de extracción			
TERMINA		Elaboración de reporte de avance de Pit			
PROVEEDORES				ENTRADA	
Explosivos				Perfil de diseño de perforación	
Departamento de logística y almacén				Equipos de perforación	
Maestranza				Equipos de servicios auxiliares	
CLIENTE				SALIDA	
Personal y equipo de carguío de explosivos				Reporte de actividades realizada	
Almacén de explosivos o Polvorín				Calculo de tonelaje de explosivos a consumir	

Cuadro 24. Ficha de proceso de perforación en open pit. Fuente: Diseño del autor.

▪ ***Proceso de Voladura***

FICHA DE PROCESO - VOLADURA			CODIGO	VPOPENPIT-001
PROCESO	VOLADURA	DEPARTAMENTO	INGENIERIA	
QUE REALIZO?	Prepara, carga y chispea el explosivo en bancos de extracción del mineral			
ALCANCE				

EMPIEZA	Preparación del trabajo de carga de explosivo en el banco de extracción
TERMINA	Elaboración de reporte de consumo de explosivo y tonelaje roto
PROVEEDORES	ENTRADA
Explosivos	Perfil de diseño de malla de retardo milimétrico
Departamento de logística y almacén	Equipos de carga de explosivos
Polvorín	Equipos de detonación
CLIENTE	SALIDA
Jefe de guardia	Reporte de actividades realizadas
Bancos de extracción	Peso de explosivo consumido

Cuadro 25. Ficha de proceso de voladura en open pit. Fuente: Diseño del autor.

▪ **Proceso de Limpieza y Transporte**

FICHA DE PROCESO - LIMPIEZA Y TRANSPORTE		CODIGO	LPIT-001
PROCESO	LIMPIEZA Y TRANSPORTE	DEPARTAMENTO	INGENIERIA
QUE REALIZO ?	Prepara, carga y transporta el mineral del banco de extracción a cancha de mineral		
ALCANCE			
EMPIEZA	Preparación del trabajo de limpieza de polvo y gases en el banco de extracción		
TERMINA	Elaboración de reporte de tonelaje de mineral transportado a planta o cancha de mineral		
PROVEEDORES		ENTRADA	
Equipos de limpieza		Perfil de diseño de carga, trasporte y descarga	
Departamento de equipos de transporte		Equipos de carga de mineral	
Área de equipos de carga		Equipos de limpieza y control de polvo	
CLIENTE		SALIDA	
Jefe de guardia		Reporte de actividades realizadas	
Bancos de extracción		Peso de mineral transportado	

Cuadro 26. Ficha de proceso de limpieza y transporte en open pit. Fuente: Diseño del autor.

Diagramas de flujo de procesos en minado superficial, perforación, voladura en banco, limpieza, transporte de mineral y sostenimiento de talud.

FLUJOGRAMA PARA PROCESO DE PERFORACION (Mina a cielo abierto)

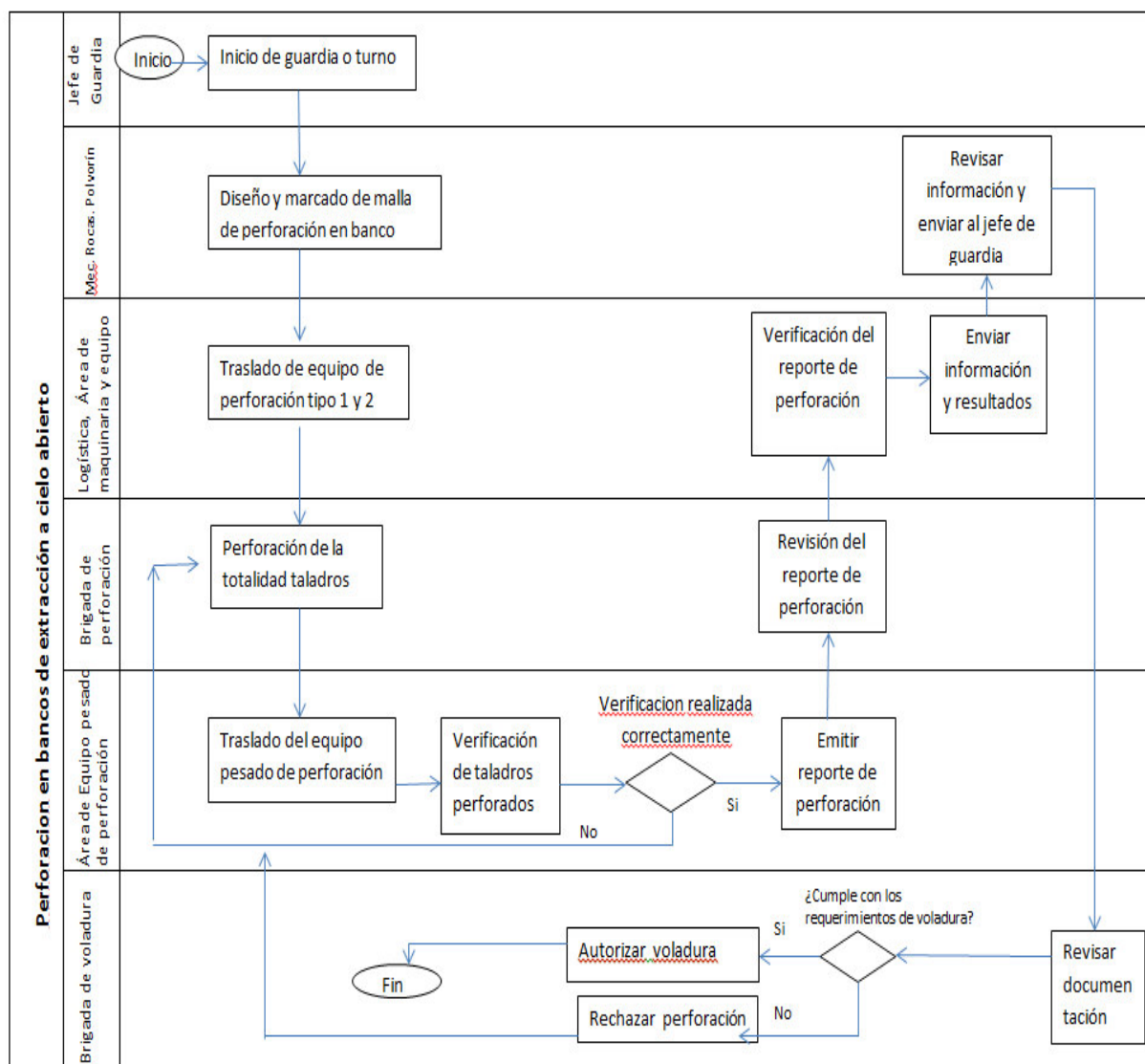


Figura 57. Diagrama de flujo de proceso de perforación en open pit. Fuente: Diseño del autor

▪ **Flujo del proceso de voladura en banco**

FLUJOGRAMA PARA PROCESO DE VOLADURA (Mina a cielo abierto)

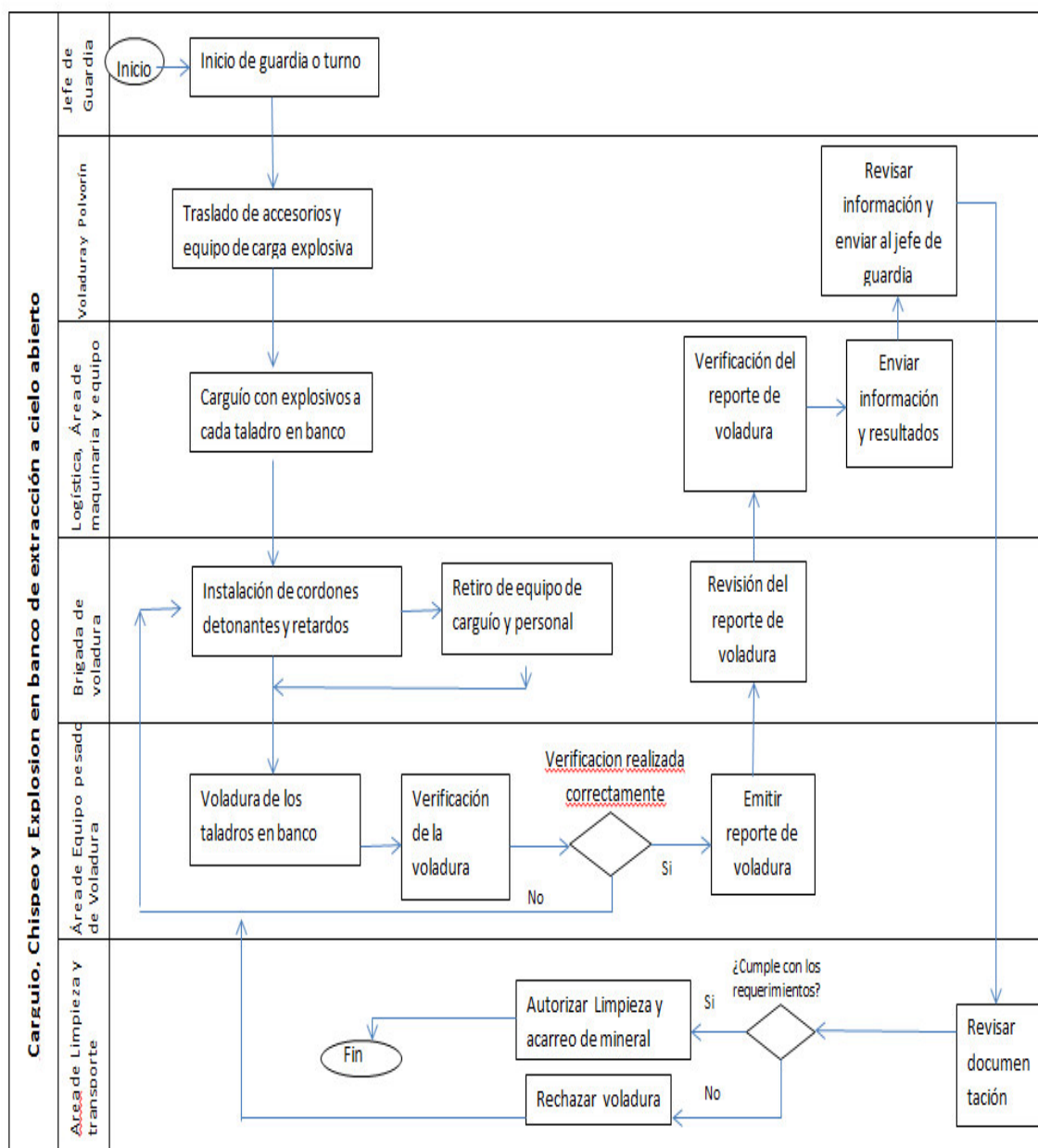


Figura 58. Diagrama de flujo de proceso de voladura en open pit. Fuente: Diseño del autor.

○ **Flujo del proceso de limpieza y transporte de mineral**

FLUJOGRAMA PARA PROCESO DE LIMPIEZA Y TRANSPORTE DE MINERAL (Mina a cielo abierto)

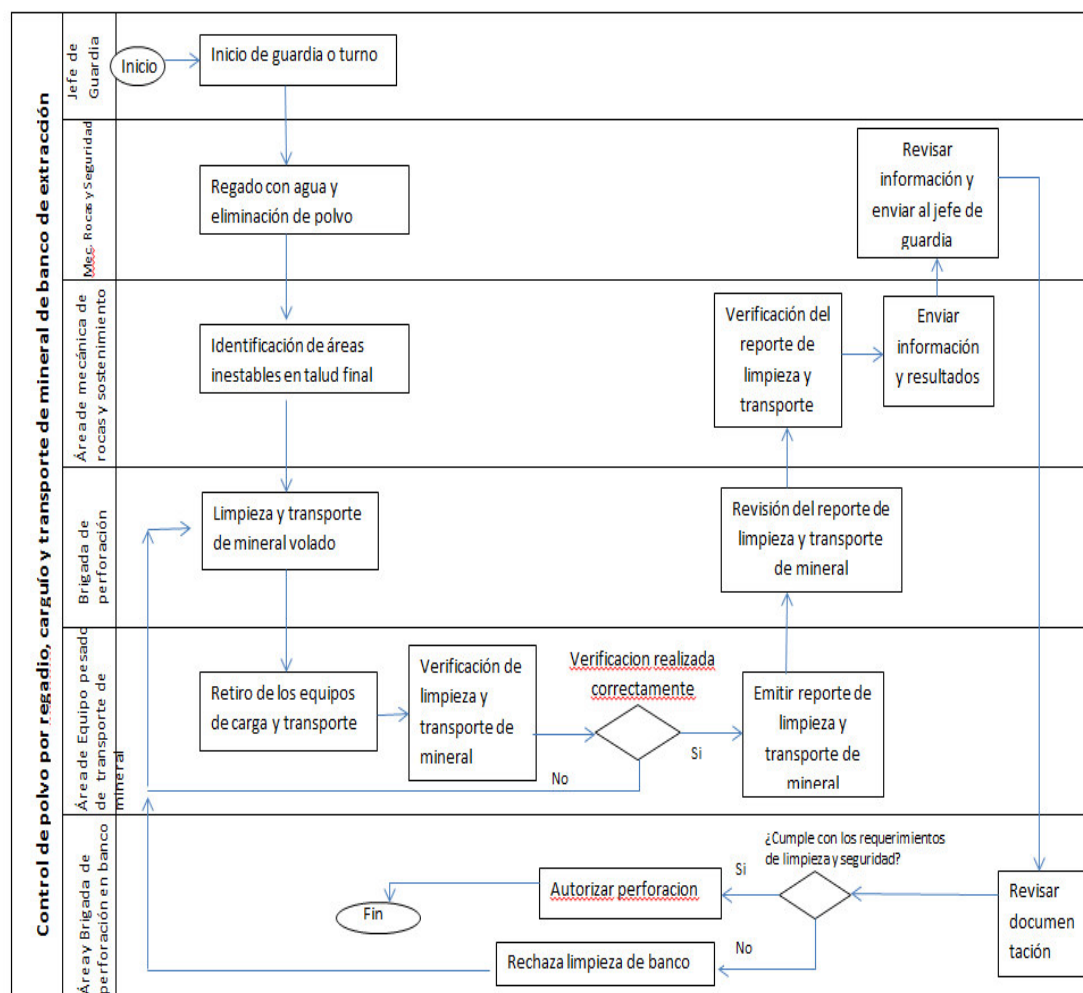


Figura 59. Diagrama de flujo de proceso de limpieza y transporte de mineral en open pit. Fuente: Diseño del autor.

FLUJOGRAMA PARA PROCESO DE SOSTENIMIENTO (Opcional en mina a cielo abierto)

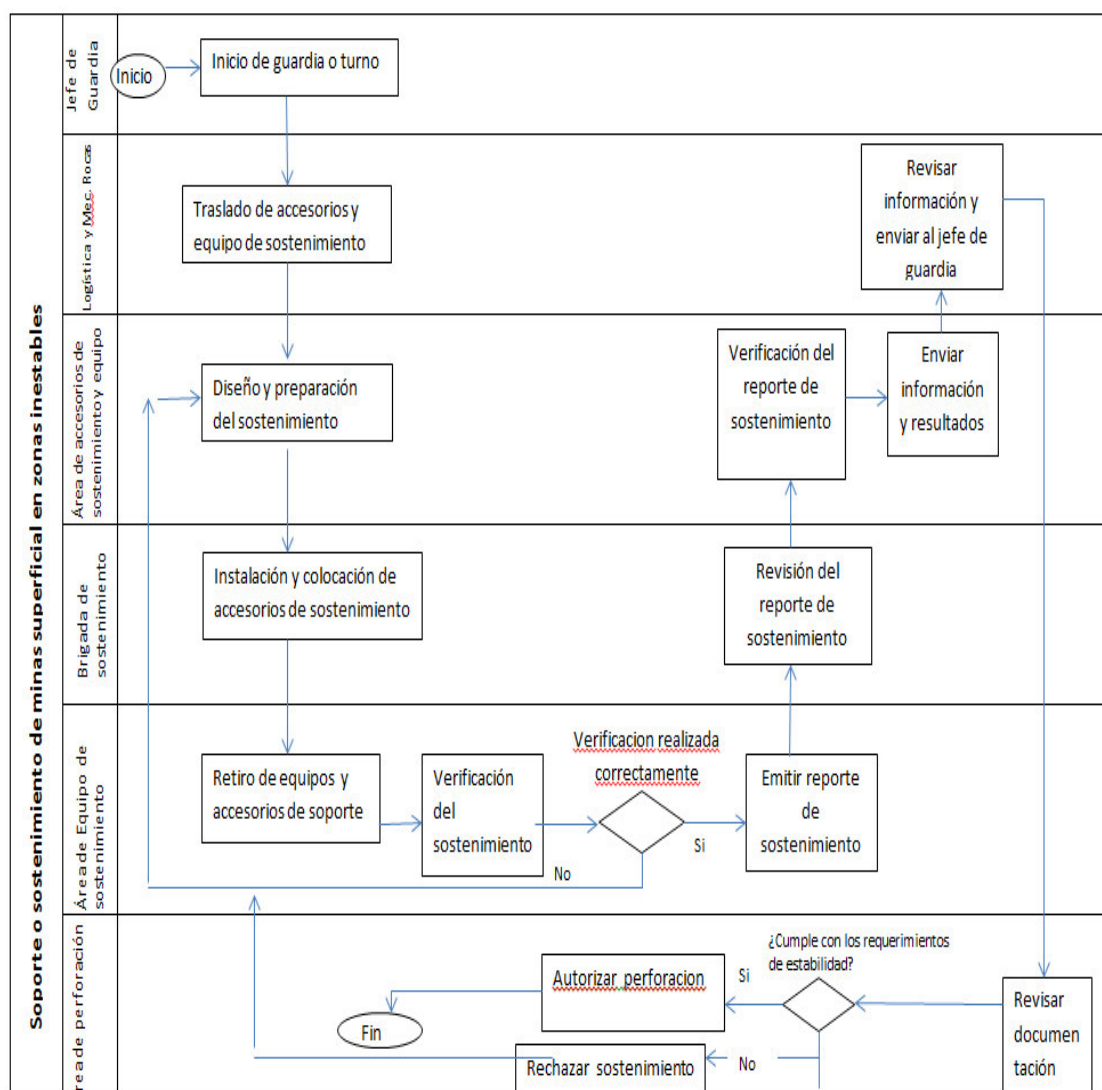


Figura 60. Diagrama de flujo de proceso de sostenimiento en open pit.
Fuente: Diseño del autor.

4.3. Escalabilidad del Marco de Referencia.

4.3.1. Alineamiento para la minería en general

Las operaciones unitarias en la minería del oro en el Perú se han ido desarrollando mediante una organización funcional por áreas, la mejora continua y la gestión por proceso que aquí proponemos como marco de referencia está sustentada en la Gestión Por Procesos de las mismas

operaciones unitarias del ciclo de minado que en este caso le denominamos procesos de extracción de minerales auríferos.

Se ha realizado el análisis de las 6 compañías mineras en operación de los cuales tres de ellos corresponden a la minería a cielo abierto y tres de ellos corresponden a la minería subterránea respectivamente con un enfoque de la gestión por procesos en el ciclo de minado de ambas modalidades de extracción de donde establecemos el marco de referencia que presentamos en este estudio.

4.4. Componentes del modelo

Estructura de procesos del ciclo de minado (macro proceso), El ciclo de minado tradicional suele simplificarse en perforación y voladura y acarreo y transporte, sin embargo cuando aplicamos el enfoque por procesos (Figura 61 .), el detalle es mucho más amplio porque la naturaleza de los procesos conlleva a considerar desde requerimiento al inicio del proceso y la satisfacción del cliente al final del proceso, en el caso específico del presente estudio, desde la logística minera hasta la satisfacción de la planta de beneficio del mineral extraído.

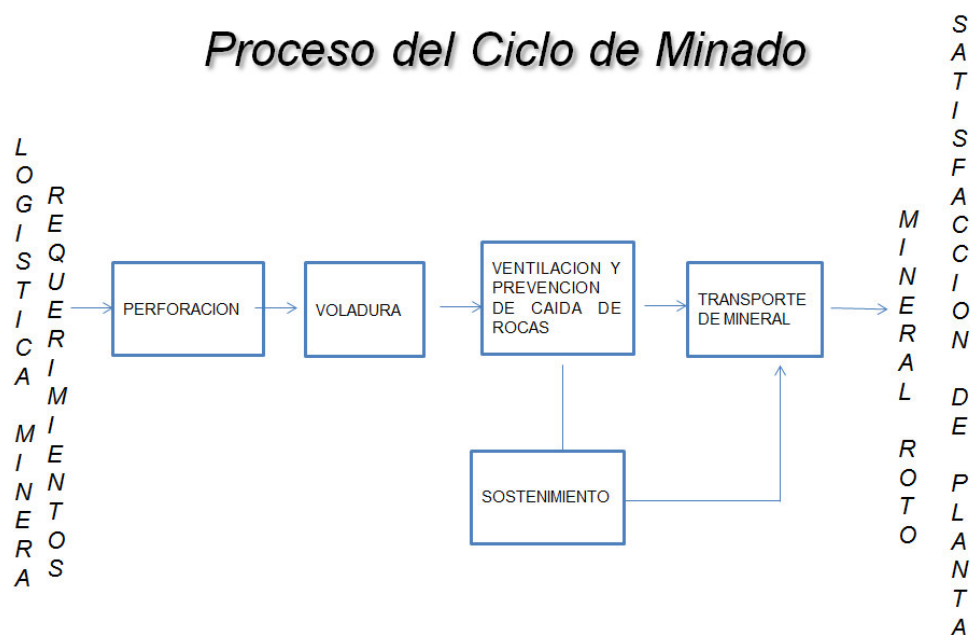


Figura 61. Macro proceso del ciclo de minado. Fuente: Diseño del autor

Interrelación entre procesos del ciclo de minado

Luego de definir el macro proceso del ciclo de minado, es importante considerar el secuencia miento y la interrelación de los procesos en la extracción de minerales, con los detalles de la logística minera que considera la maquinaria, equipo minero y materiales así como los recursos humanos hasta el cumplimiento del abastecimiento del mineral a la planta de beneficio del mineral que depende directamente del ciclo de minado para la extracción del mineral requerido por dicha plata (Figura 62.). En el secuencia e interrelación de los procesos también se observa las áreas, secciones o departamentos involucrados de quienes se encuentra a su responsabilidad las operaciones o procesos del ciclo de minado, este punto es uno de los aspectos importantes que únicamente se considera en un enfoque de gestión por proceso del ciclo de minado.

INTERACCIÓN DE PROCESOS EN EL CICLO DE MINADO PARA LA EXTRACCION DE MINERALES AURIFEROS

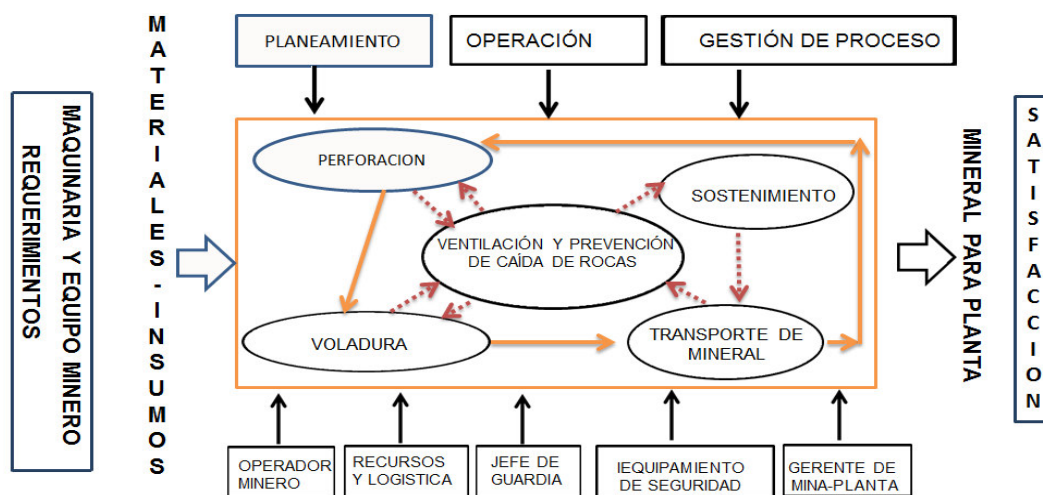


Figura 62. Interrelación del ciclo de minado. Fuente: Diseño propio

Matriz interrelación entre procesos del ciclo de minado

La matriz de interrelación o secuencia miento de los procesos del ciclo de minado para la extracción de minerales auríferos de oro, registra los detalles de secuencia miento de las actividades a desarrollar en cada uno de los procesos y la secuencia entre ellas (Figura 63.), donde se define claramente el insumo y el producto de cada proceso llegando en muchos casos que el insumo de un proceso es el producto de otro y así sucesivamente. La matriz del ciclo de minado analizado en este estudio es proceso o sub proceso y sus interrelaciones de otros procesos macros que pertenecen a la empresa minera, pero que en este caso, no son parte de la investigación.

MATRIZ DE INTERRELACIÓN ENTRE PROCESOS

DEL PROCESO	RECIBE {PRODUCTO}	PROCESO	ENTREGA {PRODUCTO}	AL PROCESO
PERFORACION	FRENTE O BANCO DE EXTRACCION ACONDICIONADO PARA INICIO DE PERFORACION	PERFORA LOS TALADROS EN FRENTE	TALADROS PERFORADOS	VOLADURA
VOLADURA	TALADROS PERFORADOS SEGÚN DISEÑO DE MALLA	DETONACION DELOS TODO LOS TALADROS - VOLADURA	MINERAL VOLADO O ROTO	SOPORTE O TRANSPORTE DE MINERAL
VENTILACION Y PREVENCIÓN DE CAIDA DE ROCAS	BANCO O FRENTE INESTABLE CON RECIENTE VOLADURA	IDENTIFICACION DE ZONAS INESTABLES Y VENTILACION	AREA DE TRABAJO VENTILADO CON ZONAS INESTABLES IDENTIFICADAS	SOSTENIMIENTO
SOSTENIMIENTO	AREA DE TRABAJO VENTILADO CON ZONAS INESTABLES IDENTIFICADAS	INSTALACION DE ACCESORIOS DE SOSTENIMIENTO	FRENTE O TALUD ESTABLE O CON SOSTENIMIENTO	TRANSPORTE DE MINERAL
TRANSPORTE DE MINERAL	FRENTE O TALUD ESTABLE O CON SOSTENIMIENTO	CARGUIO, TRANSPORTE Y DESCARGA DE MINERAL	MINERAL ROTO	PLANTA DE BENEFICIO O CANCHA DE MINERAL

Figura 63. Matriz de interrelación de procesos. Fuente: Diseño del autor

Secuencia e interrelación entre procesos del ciclo de minado

El proceso de extracción de minerales auríferos está relacionada a tres procesos principales, la de Diseño y Planeación, Sostenimiento, ciclo de minado y uno de soporte que es el procesos de servicios auxiliares, cada uno de los procesos tienen subprocesos y en el presente estudio solo se analiza el proceso de minado (Figura 64.) y opcionalmente sostenimiento como parte principal y como soporte o apoyo a los procesos de diseño y

planeación así como el proceso de servicios auxiliares que corresponde al aprovisionamiento de energía, agua, aire y luz.

Secuencia de procesos y sus interacciones

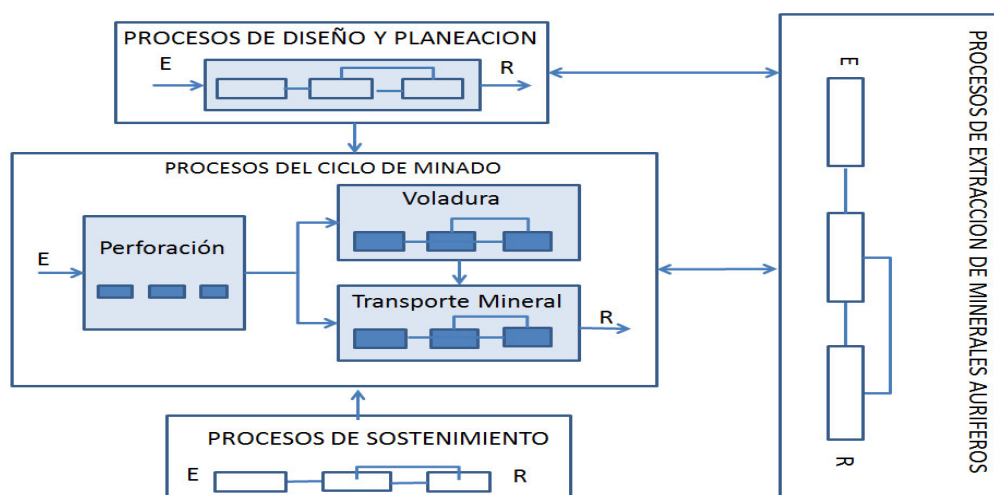


Figura 64: Secuencia de procesos de extracción de minerales auríferos. Fuente: Diseño del autor.

Las fichas técnicas de los procesos, como las que se plantean en este marco de referencia generalizan las operaciones unitarias del ciclo de minado involucrando en forma genérica tanto al minado superficial como subterráneo.

Ficha de procesos del ciclo de minado

▪ ***Perforación***

FICHA DE PROCESO - PERFORACION			CODIGO	MINADO-001
PROCESO	PERFORACION	DEPARTAMENTO	INGENIERIA	
QUE REALIZO?	Prepara, Diseña y perfora los taladros en bancos de extracción del mineral			
ALCANCE				
EMPIEZA	Preparación del trabajo de perforación en el banco de extracción			
TERMINA	Elaboración de reporte de avance de Pit			
PROVEEDORES			ENTRADA	
Explosivos			Perfil de diseño de perforación	

Departamento de logística y almacén	Equipos de perforación
Maestranza	Equipos de servicios auxiliares
CLIENTE	SALIDA
Personal y equipo de carguío de explosivos	Reporte de actividades realizada
Almacén de explosivos o Polvorín	Calculo de tonelaje de explosivos a consumir

Cuadro 27. Matriz del proceso de perforación en general. Fuente: Diseño del autor

FICHA DE PROCESO - VOLADURA				CODIGO	MINADO-001
PROCESO	VOLADURA		DEPARTAMENTO	INGENIERIA	
QUE REALIZO?	Prepara, carga y chispea el explosivo en bancos de extracción del mineral				
ALCANCE					
EMPIEZA	Preparación del trabajo de carga de explosivo en el banco de extracción				
TERMINA	Elaboración de reporte de consumo de explosivo y tonelaje roto				
PROVEEDORES			ENTRADA		
Explosivos			Perfil de diseño de malla de retardo milimétrico		
Departamento de logística y almacén			Equipos de carga de explosivos		
Polvorín			Equipos de detonación		
CLIENTE			SALIDA		
Jefe de guardia			Reporte de actividades realizadas		
Bancos de extracción			Peso de explosivo consumido		

Cuadro 28. Matriz del proceso de voladura en general. Fuente: Diseño del autor

FICHA DE PROCESO -TRANSPORTE			CODIGO	MINADO-001
PROCESO	TRANSPORTE	DEPARTAMENTO	INGENIERIA	
QUE REALIZO ?	Prepara, carga y transporta el mineral del banco de extracción a cancha de mineral			
ALCANCE				
EMPIEZA	Preparación del trabajo de limpieza de polvo y gases en el banco de extracción			
TERMINA	Elaboración de reporte de tonelaje de mineral transportado a planta o cancha de mineral			

PROVEEDORES	ENTRADA
Equipos de limpieza	Perfil de diseño de carga, transporte y descarga
Departamento de equipos de transporte	Equipos de carga de mineral
Área de equipos de carga	Equipos de limpieza y control de polvo
CLIENTE	SALIDA
Jefe de guardia	Reporte de actividades realizadas
Bancos de extracción	Peso de mineral transportado

Cuadro 29. Matriz del proceso de transporte en general. Fuente: Diseño del autor

4.5. Cadena de valor del modelo

Los procesos principales y de soporte o apoyo a la cadena operativa o productiva en este caso representado por el ciclo de minado, se interrelacionan en forma independiente y dependiente, en este caso los procesos dependiente son los correspondientes al ciclo de minado y los de soporte todas aquellas que involucra una gestión por procesos (Figura 65.). La cadena de del proceso de extracción de minerales sulfurados de oro define claramente que es dependiente de los procesos como la Gestión de RR.HH y materiales, Gestión de costos, gestión de maquinaria y equipo pesado para la extracción y la de servicios auxiliares.

EXTRACCION DE MINERAL	GESTION POR PROCESO DEL CICLO DE MINADO	C. Cubicación de mineral de reserva probada	D. Planeación y Extracción del Mineral	E. Transporte de Mineral extraído a Planta
		F. Gestión de recursos humanos y materiales		
		G. Gestión de tecnología de la Información en modelamiento geológico		
		H. Gestión de costos de procesos en ciclo de minado		
		I. Gestión de maquinaria y equipos de procesos en ciclo de minado		
		J. Gestión de servicios auxiliares de procesos en ciclo de minado		

Figura 65. Cadena Valor Para Extracción de Minerales. Fuente: Diseño del autor

A.- La extracción de mineral o la explotación de la mina se va a desarrollar mediante este marco de referencia que planteamos para la minería de polimetálicos ya sea subterránea o superficial, el análisis se circunscribe en un enfoque global por proceso entrándonos únicamente en el ciclo de minado.

B.- La gestión por proceso en el ciclo de minado que se propone con enfoque Basado en Procesos introduce la GESTIÓN HORIZONTAL, cruzado las barreras entre diferentes unidades funcionales y unificando sus enfoques hacia las metas principales de la organización. También mejora la gestión de las interfaces del proceso. Para que una organización gestione sus actividades por procesos es indispensable tener recurso humano competente, motivado y capacitado.

C.- El cálculo de reserva para el marco de referencia propuesto que influirá en la cadena de valor está basado en el modelo geológico digital del recurso minero o yacimiento de mineral, el Modelamiento Geológico permite compartir información en línea por medio de las TICS y permite gestionar la información en forma horizontal lo que se alinea con la gestión por procesos.

D.- Proceso de extracción de mineral está fundamentado en el ciclo de minado de este marco de referencia que se simplifica dentro de la escalabilidad de la misma a tres procesos como son la perforación, voladura y transporte de mineral.

E.- El envío de mineral a la planta de beneficio del mineral, se garantiza por el mismo principio del enfoque de la gestión por procesos donde el objetivo es la satisfacción del cliente en este caso la planta concentradora.

F.- La gestión de recursos minerales al realizarse con base del modelamiento geológico, utiliza las tecnologías de información digitalizando el terreno así como visualizando en 3D el dimensionamiento del yacimiento, las leyes y la estructura geológica local.

G.- La gestión de las tecnologías de información está interrelacionada con el área de ingeniería y diseño así como el área de planeamiento de minado, es parte de la cadena de valor mas no de la cadena productiva de la extracción de minerales, sin embargo es de importancia el soporte de la misma como parte del marco de referencia propuesto

H.- Gestión de costos de proceso, en esta parte tenemos que para mina analizada los costos se hacen en forma no uniforme, en el presente marco de referencia uniformizamos con los formatos en Excel u hoja electrónica que sistematizan este rubro de gran importancia en la extracción de los minerales auríferos. Asimismo los costos involucran los ítems I y J de la cadena de valor propuesto.

Los costos de minado superficial y subterráneo cuyos cuadro de resúmenes que presentamos son herramientas fundamentales de este modelo de gestión por procesos, como son el de gastos generales para ambos métodos de extracción.

4.6. Ventaja del modelo en la extracción

En minería superficial

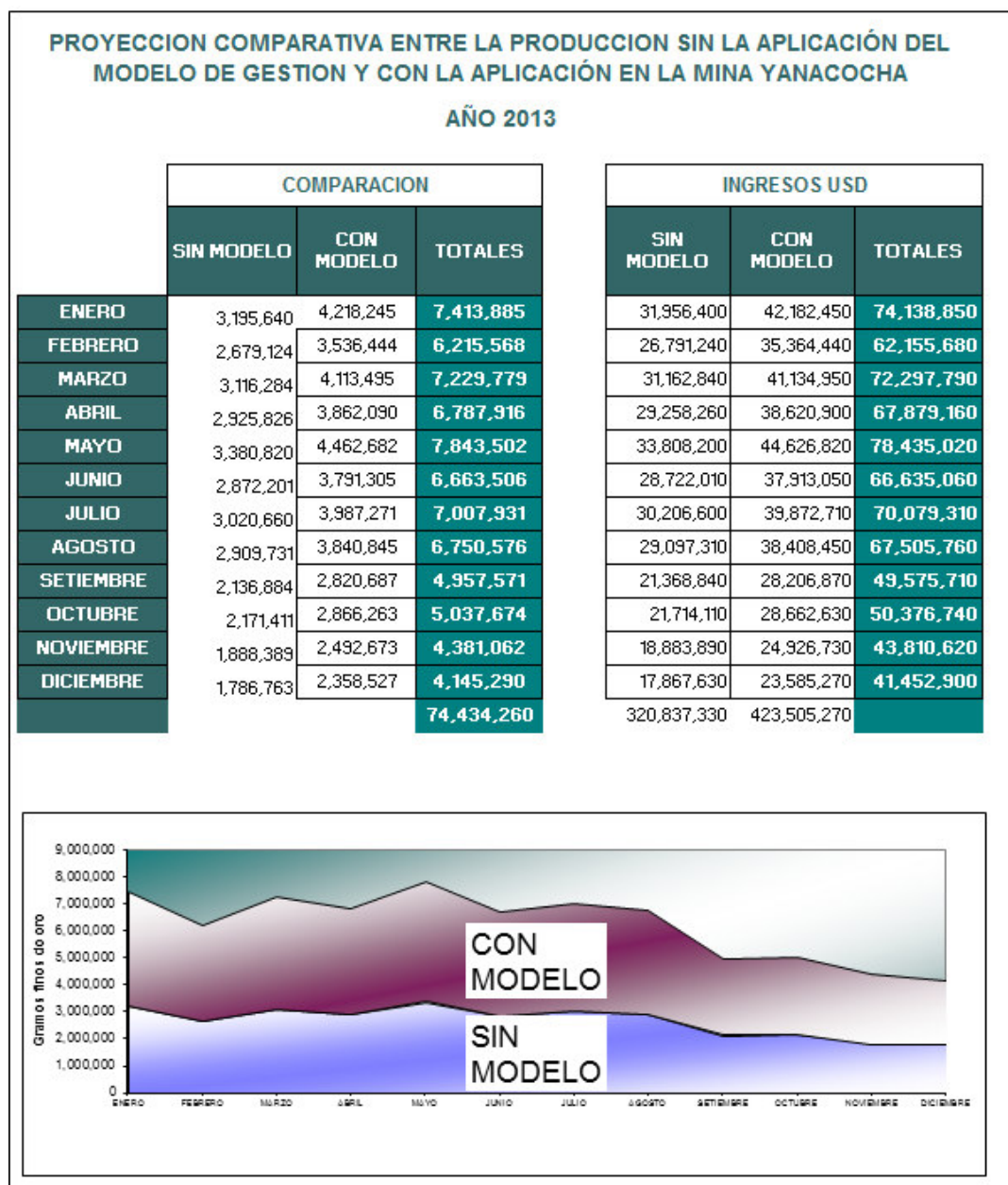
Según sistema de Hoja Electrónica de cálculo que es parte del modelo de gestión, la tabla 99.99 muestra el incremento de producción en un 32 por ciento al aplicarse el marco de referencia de la gestión por procesos en el ciclo de minado de la minería superficial.

PRODUCCION HORARIA DEL EQUIPO	2,520 yd³/hr	1,926 m³/hr
Horas Programadas de Perforación por Año	8,760 hrs	
Disponibilidad	90.00 %	
Utilización (Hrs Perforación / Hrs Programadas)	41.67 %	
Peso Específico de Mineral	2.50 TC/yd ³	2.97 TM/m ³
Total Longitud de Perforación por Año	482,494 p.p.	147,057 m.p.
PRODUCCION ANUAL	8,276,698 yd³/año	6,328,364 m³/año
	20,691,746 TC/año	75,085,714 TM/año
Producción de Oro fino en gramos aplicando modelo		2,365,200 gr//año
Producción de oro fino sin modelo		1,786,763 gr//año
Incremento de producción aplicando el modelo de gestión		32 %

Cuadro 30. Producción gr. Au, con modelo de gestión en minado superficial. Diseño del autor

La proyección para el año 2013 aplicando el modelo en la unidad de análisis de minera Yanacocha muestra la tabla 999, donde se observa el comportamiento de la producción en forma comparativa, la réplica en las

demás unidades de análisis con método de explotación superficial son similares así como sus representaciones gráficas.



FUENTE : ELABORACION DEL AUTOR

Cuadro 31. Producción anual comparativa de yanacocha, con modelo y sin modelo de gestión. Fuente: Diseño del autor

En minería subterránea

Aplicando el modelo de gestión por procesos y el sistema de Hoja Electrónica de cálculo para minería subterránea que es parte del modelo de gestión, la tabla 26, muestra el incremento de producción en un 5 por ciento

al aplicarse el marco de referencia de la gestión por procesos en el ciclo de minado de la minería subterránea.

PERFORACIÓN			
Tiempo Perforación			
Posicionamiento Equipo	9 min	DM	0.9
φ Taladro	0.051 m	Sección	22.50 m ²
L. Perforación	3.66 m	Long perf	3.66 m
		Sobrerotura	0.22 m
Tiempo de emboquillado	1.2 min	Avance	3.88 m
Tiempo de perforación	2.3 min	Densidad	3 Tn/m ³
Tiempo de desemboquillado	0.6 min	Tonelaje	261.87 Tn/avanc
Tiempo Efectivo de Perforación	4.1 min	Metros perfor/avance	172.02 mp/avanc
Rendimiento por taladro	0.89 m/min	Rendimiento	44.55 mp/hr
Taladros perforados	47 tal	Número de avances	2.00 avances
Tiempo total efectivo de perforación	192.70 min	Metros de taladros perforados	344.04 mp
Tiempo muerto	30 min	Horas efectivas de perforac	7.72 hrs
		Horas programadas	8.58 hrs
	231.70 min		
	3.86 hr	Guardia	8 hrs
		Horas efectivas	6.5 hrs
		#guardias	2 guardias
		Costo por metro perforado	2.5 \$/mp
		Costo total por todo el avance	860.10 \$
		Produccion de mineral por dia	1,571 por dia
		Produccion mensual de mineral	40,852 ton/mes
		ley de oro	15 gr/t
		recuperacion	85 %
		Produccion de oro fino en gr.	612,783 gr/mes
		produccion anual con modelo	1,875,115 gr/t
		Produccion anual sin modelo	1,786,763 gr/t
		Incremento promedio	5 %

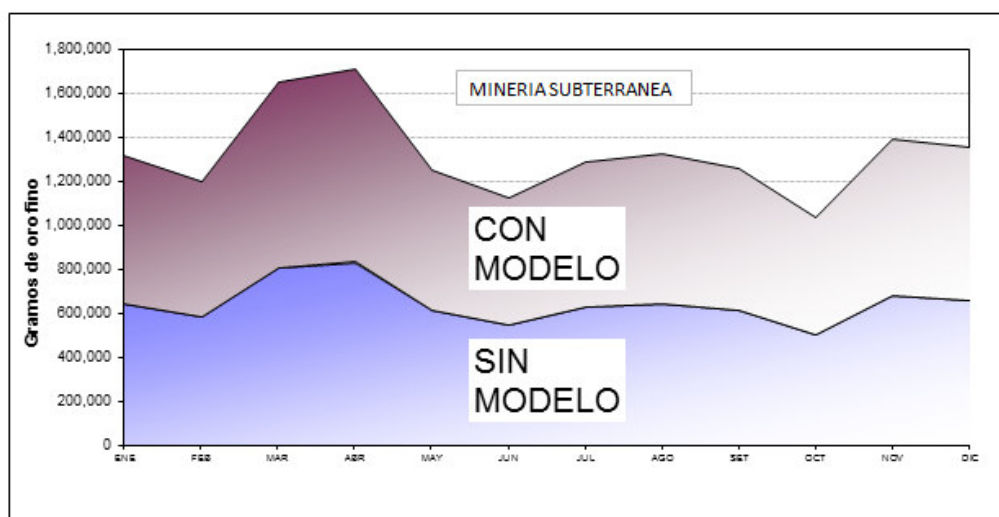
Cuadro 32. Producción de oro fino en gramos con modelo de gestión en minado subterráneo. Fuente. Diseño de autor

La proyección para el año 2013 aplicando el modelo en la unidad de análisis de minera Buenaventura se muestra en la tabla 999, donde se observa el comportamiento de la producción en forma comparativa, la réplica en las demás unidades de análisis con método de explotación subterránea son similares así como sus representaciones gráficas.

PROYECCION COMPARATIVA ENTRE LA PRODUCCION SIN LA APLICACIÓN DEL MODELO DE GESTION Y CON LA APLICACIÓN EN LA MINA BUENAVENTURA

ANO 2013

	COMPARACION			INGRESOS ECONOMICOS		
	SIN MODELO	CON MODELO	TOTAL	SIN MODELO	CON MODELO	TOTAL INGRESOS
ENE	642,280	674,394	1,316,674	7,707,360	8,092,728	15,800,088
FEB	582,767	611,905	1,194,672	6,993,204	7,342,864	14,336,068
MAR	802,795	842,935	1,645,730	9,633,540	10,115,217	19,748,757
ABR	831,420	872,991	1,704,411	9,977,040	10,475,892	20,452,932
MAY	610,363	640,881	1,251,244	7,324,356	7,690,574	15,014,930
JUN	548,997	576,447	1,125,444	6,587,964	6,917,362	13,505,326
JUL	625,875	657,169	1,283,044	7,510,500	7,886,025	15,396,525
AGO	645,202	677,462	1,322,664	7,742,424	8,129,545	15,871,969
SET	614,008	644,708	1,258,716	7,368,096	7,736,501	15,104,597
OCT	503,104	528,259	1,031,363	6,037,248	6,339,110	12,376,358
NOV	676,994	710,844	1,387,838	8,123,928	8,530,124	16,654,052
DIC	659,507	692,482	1,351,989	7,914,084	8,309,788	16,223,872



FUENTE : ELABORACION DEL AUTOR

Cuadro 33. Producción anual comparativa de Mina Buenaventura; con modelo y sin modelo de gestión en minado subterráneo. Fuente. Diseño del autor

4.7. Opinión de expertos

Los resultados de las entrevistas a expertos en relación al presente marco de referencia tenemos en el siguiente grafico

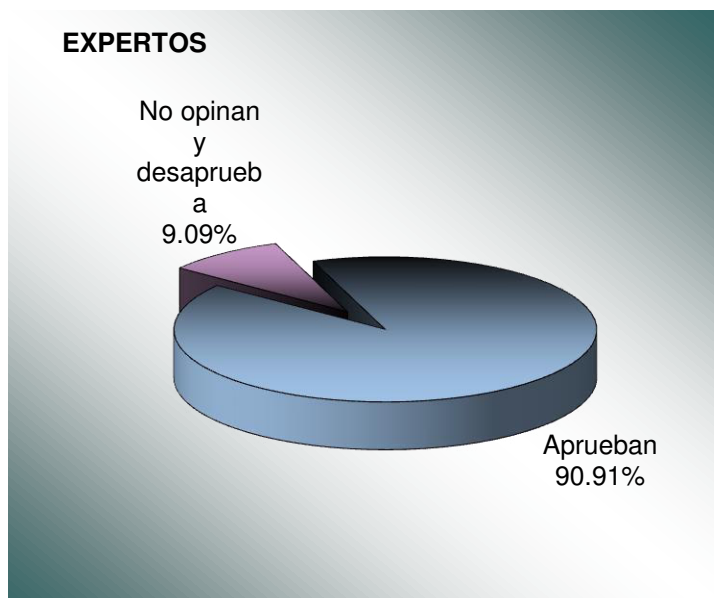


Figura 66. Resultados de la opinión de expertos al modelo de gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro. Fuente: Diseño del autor.

4.8. Opinión de funcionarios de minas

Los resultados de las entrevistas a Directivos en relación al presente marco de referencia tenemos en el siguiente gráfico.

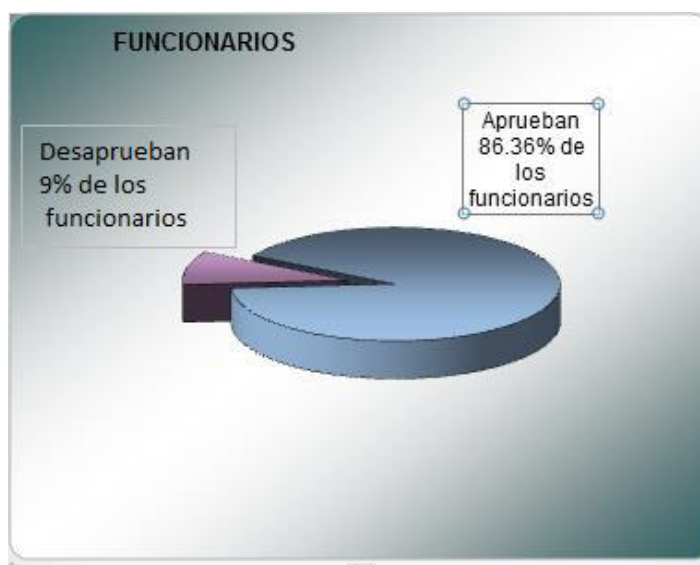


Figura 67. Resultados de la opinión de funcionarios al modelo de gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro. Fuente: Diseño del autor

4.9. Conformidad de usuarios

Los resultados de las encuestas de conformidad de usuarios de la gestión por procesos del ciclo de minado se observa en el siguiente grafico

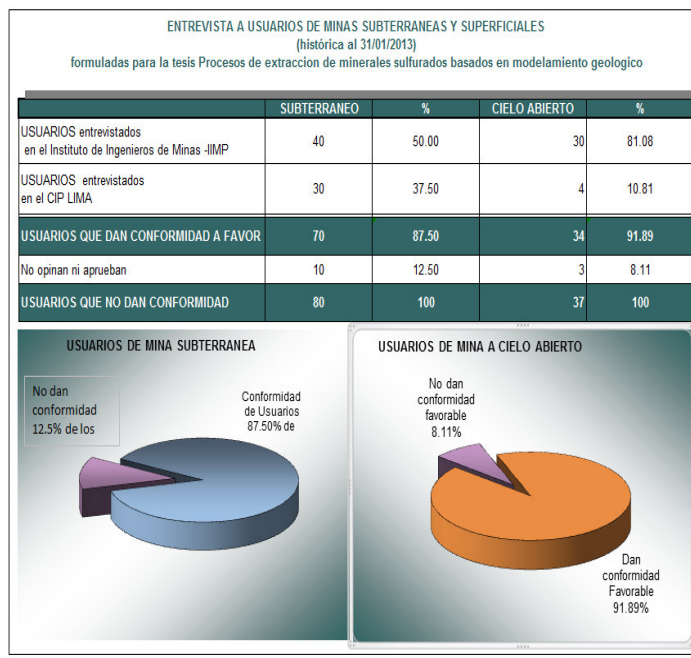


Figura 68. Resultados de la opinión de conformidad por usuarios del modelo de gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro. Fuente: Diseño del autor

Con este estudio a base de modelos de gestión por procesos se demuestra la hipótesis general, las hipótesis específicas del tema de Tesis y se cumple los objetivos N° 1, 2 y 3, y finalmente se converge a las recomendaciones N° 1, 2 y 3.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Análisis e interpretación de resultados.

Los resultados de control de costos en los procesos del ciclo de minado tal como observamos en los formatos de costos tanto en las unidades de análisis estudiadas como en el marco de referencia propuesto permiten tener control y elegir según las opciones de rendimiento de los equipos y accesorios la que reduce los costos y mejorara la productividad.

Cada una de las hojas electrónicas de cálculo representa a un sistema base de la gestión por procesos en la extracción de minerales sulfurados, manejan su propia base de datos donde se puede cambiar las características y especificaciones técnicas de los equipos e insumos a utilizar en los frentes de minado.

5.2. Prueba de hipótesis

Hemos encontrado las respuestas a las incógnitas planteadas en el diseño de la prueba de hipótesis.

¿ Influye el modelo geológico en el control de gastos en la gestión de procesos de extracción de mineral sulfurado con valores de oro en minas del Perú?.

Si, el modelo geológico analizado en cada unidad de análisis influye en la reducción de los costos, porque con la TMD de producción, la cantidad cubicada de mineral se puede realizar la elección más adecuada de los equipos e insumos en los procesos del ciclo de minado.

¿Existe relación entre la gestión por procesos y el modelo geológico?.

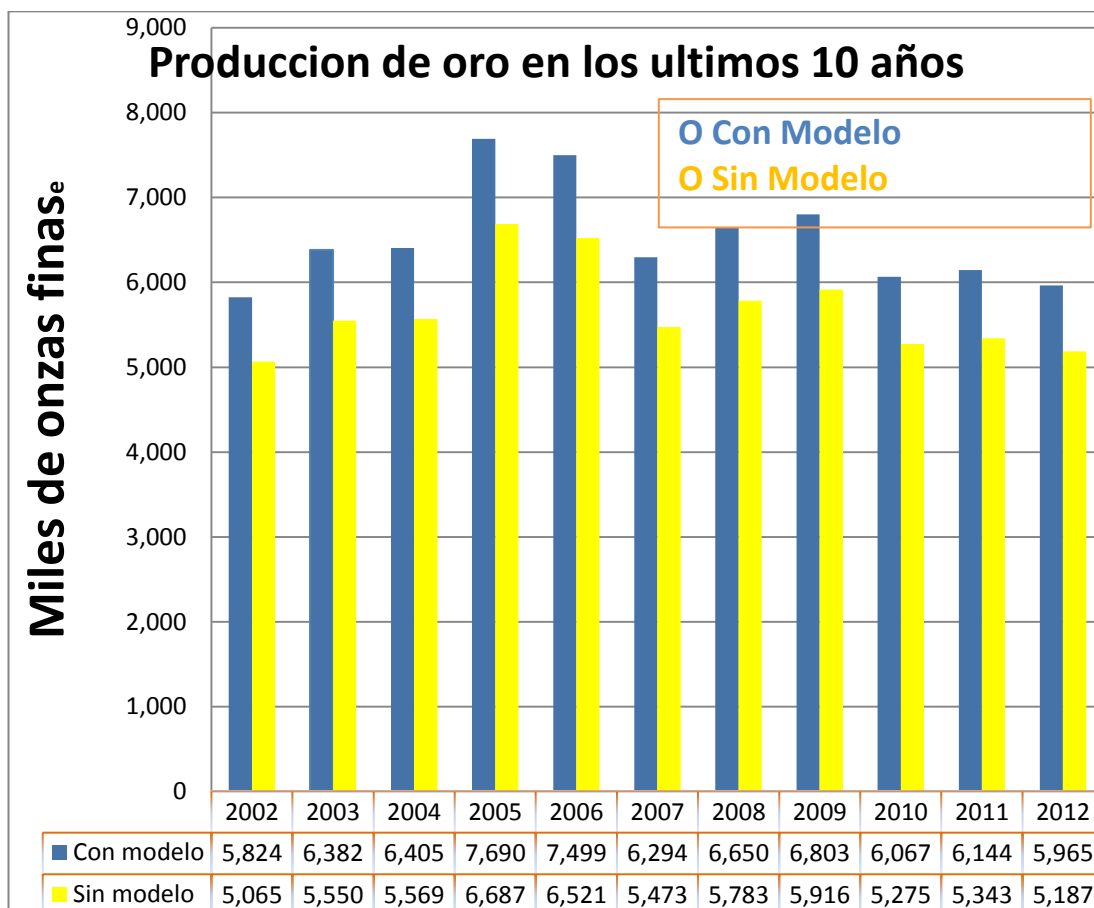
Sí, existe porque la gestión por procesos es el inicio de la automatización de procesos, mientras que el modelamiento geológico ya es un sistema avanzado que hace uso de las tecnologías de información y comunicación, la tecnología CAD y Modelos digitales de terreno DTM.

¿Es posible medir los procesos del ciclo de minado en base a la cubicación de reserva realizada con el modelo geológico?.

Si, mediante el marco de referencia propuesto, se puede diseñar, planear y dimensionar los procesos del ciclo de minado basado en el modelamiento geológico, porque tal como observamos en las unidades de análisis a cielo abierto, tanto los pits como los equipos de transporte se hace teniendo en cuenta la cantidad de reserva minable existente y este dato lo proporciono el Wireframe del modelo geológico digital.

5.3. Producción de oro en el Perú en base al modelo de gestión

Proyección del Incremento de la producción de oro en el Perú en los últimos diez años aplicando el modelo de gestión por procesos



Cuadro 34. Producción anual comparativa de oro 2002-2012; con modelo y sin modelo de gestión. Fuente. MEM y Diseño del autor

5.4. Presentación de resultados

5.4.1. Marco de referencia de la gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro

El modelo de gestión donde establecemos los pasos y secuencia para realizar la extracción de minerales sulfurados de oro, presenta cuatro enfoques importantes, los cuales están interrelacionados a la Gestión Por Procesos en el ciclo de Minado (Figura 69.).



Figura 69. Propuesta de modelo de gestión por proceso. Fuente: Diseño del autor

Como se puede observar, el modelo lleva un esquema basado en el análisis de la teoría, del modelo de Gestión Por procesos, las similitudes de la información y el desarrollo aplicado de un esquema organizado y práctico. Conlleva el desarrollo de un planeamiento de minado estratégico que permita un análisis general de la extracción de minerales en la empresa minera, el establecimiento de objetivos y metas en base a un análisis de la situación operativa del frente de extracción de minerales. Una vez desarrollado este primer avance, realizar un análisis de los aspectos críticos del proceso a través de las Cadenas del Valor, con ello un análisis y mejoramiento de la estructura operativa y los procesos macro del ciclo de minado, una vez desarrollado esto, es posible reducir los costos e los procesos mediante la HEC, de esta manera es posible continuar costearo y midiendo las actividades con el fin de evaluarlas a través de los indicadores

de costo del mercado, los mismos que servirán para analizar y mejorar la productividad apoyados por el análisis de valor agregado (Figura 70.).

5.4.2. Secuencia de procesos del Marco de Referencia de Gestion



Figura 70. Secuencia de la gestión por proceso en la extracción de mineral. Fuente: Diseño del autor.

5.4.3. Prioridades de gestión de recursos y materiales del Marco de Referencia

Las prioridades que se debe tener en cuenta en una gestión por procesos para la extracción de minerales sulfurados de oro, se establecen en el comportamiento del ciclo e minado y los recursos humanos y materiales (Figura 70.). Estas actividades y decisiones importantes que se debe tener en cuenta en un enfoque por procesos están orientados a aumentar la eficiencia en la extracción de minerales sulfurados de oro, del mismo modo en una mejora continua de los procesos cíclicos para cumplir con el objetivo de una gestión de calidad en cada una de los procesos extractivos que corresponden al ciclo de minado.(Figura 71.)

Establecimiento de prioridades de recursos para Gestión por procesos en Ciclo de Minado.				
Comportamiento de ciclo				
Recursos humanos y materiales	¿Quién ?	PERFORACION	VOLADURA	TRANSPORTE
	J. Guardia	Prevé operatividad De maquinaria y equipos	Coordina para que el vehículo de Carga de explosivos, los insumos y personal disponible	Maquinaria y equipo así como el personal de transporte este disponible en el turno correspondiente
	Personal En Operación	Buscan por aumentar la producción en la extracción de los minerales	Mejoran los procesos de instalación de cordones detonantes e ignición	Procuran que los tiempos en espera sean mínimos o nulos en carga y descarga de mineral
	Personal de Servicios Auxiliares	Buscan que los servicios de agua, aire, energía y eléctrica sean las mas optimas	El tiempo de eliminación de gases tóxicos y polvo sea mínimo	Las vías de transporte deben estar habilitadas y operativas

Figura 71: prioridades en la gestión por proceso en ciclo de minado. Fuente:Diseño del autor.

5.4.4. Flujo de información en la Hoja Electrónica de Calculo HEC del Marco de referencia de gestión por procesos

El sistema de costos establecidos en el presente estudio se ha desarrollado en la Hoja Electrónica de Calculo HEC, donde se resalta la importancia de los costos por unidades operativas del ciclo de minado con enfoque por procesos (Figura 72.), los mismos que se han establecido como Perforación, voladura, sostenimiento, limpieza y ventilación, en este último procesos que incluye también al carguío, transporte y descarga del mineral. Debemos también resaltar que adicionalmente hemos considerado adecuado incluir en este formato de costos aquellos que tienen que ver con los procesos de soporte como son, el sostenimiento, servicios auxiliares, planeamiento de minado, diseño de mina y planeamiento a corto plazo.



Figura 72. Diagrama de flujo de información del sistema HEC. Fuente: Diseño del autor.

5.4.5. Beneficios de Marco de Referencia de Gestión por Procesos para la extracción de minerales

Las ventajas o beneficios de una gestión por procesos en este caso en la extracción de minerales sulfurados de oro, es que una gestión como esta, representa el inicio de la automatización del ciclo de minado, debido a las interrelaciones de los procesos entre si y la secuencia de estas en conjunto con el diagrama de flujos, la ficha de cada proceso y la matriz de interrelación es la antesala de un sistema de automatización del ciclo de minado. En el Perú la automatización en los procesos de extracción de minerales es nulo, los indicios de automatización en las empresas mineras únicamente se han realizado en forma parcial en las plantas de beneficio de mineral y en algunos equipos pesados de transporte o perforación, pero no existe una automatización de los procesos de extracción dentro del ciclo de minado, y el marco de referencia en conjunto con los beneficios de la gestión

por procesos hacen relevantes al hecho de colocar la línea base para la automatización de los proceso de extracción de minerales. (Figura 73).

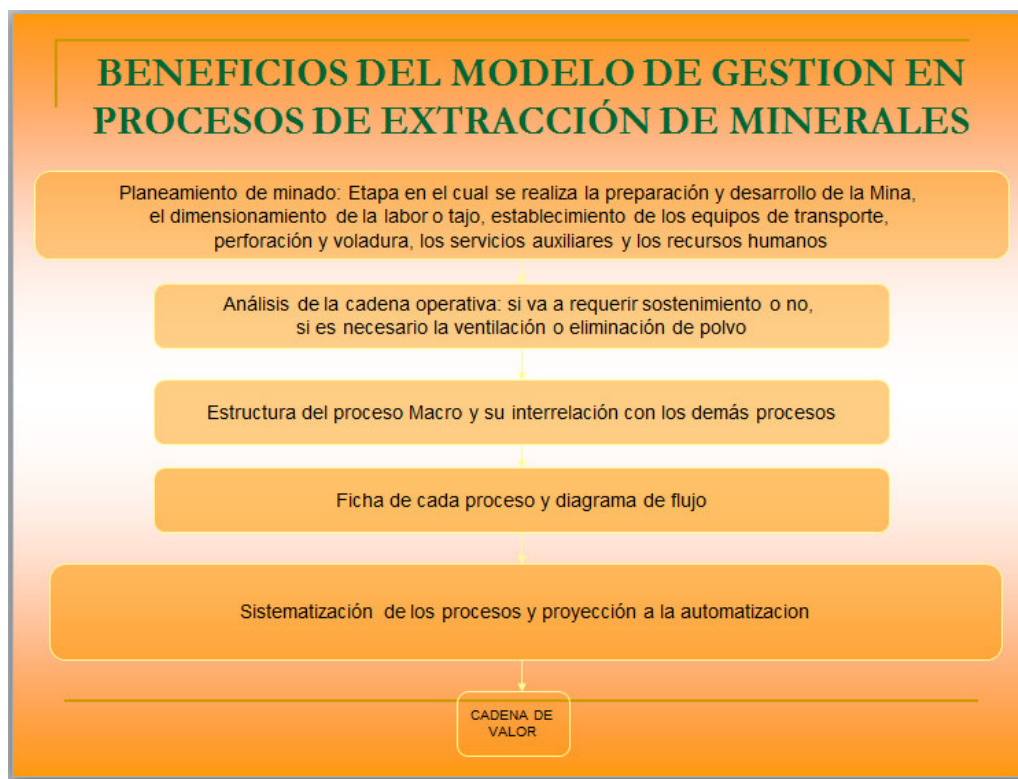


Figura 73. Beneficios de la gestión por procesos en ciclo de minado. Fuente: Diseño del autor.

5.4.6. Proceso crítico

Se considerará proceso crítico, al proceso de extracción de minerales mediante las actividades de las operaciones unitarias o procesos operativos del Ciclo de Minado, sin el cual la extracción de los minerales de la Empresa Minera no podrían ser obtenidos de manera eficiente y con la calidad requerida, por lo tanto es relevante, establecer esta actividad operativa como un ciclo operativo clave del proceso de extracción de minerales, este requisito ha sido establecido en el desarrollo del presente estudio fortaleciendo mas al Marco de Referencia de gestión por procesos en el ciclo de minado de las empresas mineras y la razón por la que se debe aplicar este Marco de referencia en la extracción de los minerales sulfurados de oro.

CONCLUSIONES

1.- El nivel de influencia de las reservas calculadas basadas en modelos geológicos facilitan a la gestión de los procesos del ciclo de minado en las minas analizadas con una precisión de la ley uniforme del mineral extraído facilitando el cabeceo del mineral dando confiabilidad en el abastecimiento a la planta de beneficio.

2.- La gestión de los procesos de extracción aplicando el modelamiento geológico permite programar la producción del mineral a extraer reduciendo los costos como resultado de un control en los procesos donde se controla el ingreso y egreso de insumos conocido como el “Input” y el “Output”.

3.- La mejora continua está ligado a la gestión de calidad y este a su vez a la gestión por procesos lo que implica una significativa mejora en el ciclo de minado al aplicar el control basado en procesos para la extracción del mineral.

RECOMENDACIONES

La investigación realizada, ha permitido analizar y conocer respecto a la gestión en base a procesos y su relación con la productividad de las empresas mineras, de lo cual se hacen las siguientes recomendaciones:

1.- El éxito en la aplicación de la gestión en base a procesos, está fundamentada en las reservas y la calidad de la información de la misma que proporciona el modelamiento geológico por lo que se recomienda a las empresas mineras que extraen oro y polimetálicos aplicar modelamiento en su cálculo de reservas.

2.- La calendarización de la producción diaria, semanal y mensual al depender de las leyes de corte en las zonas geoespaciales de extracción interpoladas con el modelamiento geológico aseguran la certeza de la ley de corte a extraer, por eso recomendamos aplicar el modelamiento y la gestión basado en procesos cuyo modelo presentamos en este estudio.

3.- La mejora continua en el ciclo de minado es factible al aplicar el modelo de gestión basado en procesos haciendo posible medir el desempeño o rendimiento operacional, el costo de las actividades de cada proceso, por eso este modelo estudiado constituye en una herramienta de importancia sustancial para la toma de decisiones para la industria minera a quienes recomendamos aplicar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] TAPIA CABANILLAS, MERVIN ENZO (2008): *“Formulación de un Modelo Geológico Estructural, en el Sistema de Vetas de la Franja Oeste del Yacimiento Minero de Parcoy, Consorcio Minero Horizonte”*. Unmsm. Lima.
- [2] CRUZ JAUREGUI, CESAR ARTUTO (2007): *“Modelamiento Geológico 3D del Reservorio Mogollon en el Campo Peña Negra, Cuenca Talara - Perú”*; UNI, Lima. pág. 51 - 56.
- [3] OVIEDO, S. / ROSAS, M. (2013): *“Modelamiento Dinámico 3D – MD3D”*, UNIVERSIDAD DE CAJAMARCA. Pág. 23.
- [4] MENA SALAS, ALEJANDRO ENRIQUE (2012); *“Planeamiento de Minado Subterráneo Para Vetyas Angosta: Caso Practico; Mina “Esperanza de Caraveli”*, PUCP.LIMA.
- [5] SAYAS YACTAYO, GIANFRANCO (2013). *“Análisis y revisión de PETS en la Compañía Minera Quiruvilca: Procedimiento de Trabajo Seguros”* - U.M. QUIRUVILCA. Unmsm. Lima.
- [6] PEREZ, C., Trueman, R, Whiten, W.J., (2002). *Extending the stability graph for open stope design*, Trans. Inst. Min. Metall. 110: January-April, 2001.
- [7] RODRIGUEZ, ELVIA J., (2008) *The stability graph method open Stope Design*. Chicago
- [8] VALENCIA M., CHARRO, M. (2007). *Underground Mining Methods Engineering fundamentals and International Case Studies*, pp. 513. SPAIN.
- [9] T.R. STACEY **Presidential Address: Rock engineering good design or good judgement** The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy SEPTEMBER 2003 Pag. 211– 422
- [10] PENNY C. STEWART JULIUS KRUTTSCHNITT *“Mineral Research Centre y Dr Robert Trueman Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre “The Extended Mathews Stability Graph: Quantifying case history requirements and site.specific effects”*

- [11] MAWDESLEY, C., TRUEMAN, R, WHITEN, W.J., *Extending the stability graph for open stope design*, Trans. Inst. Min. Metall. 110: January-April, 2001.
- [12] POTVIN, Y., HADJIGEORGIOU, J., “*The stability graph method for Open Stope Design. Underground Mining Methods Engineering fundamentals and International*” Case Studies, pp. 51
- [13] P. RAMIREZ/ L.DE LA CUADRA/ R. LAIN/ E “Mecánica de Rocas Aplicadas a la Minería Metálica Subterránea” Grijalbo (INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA)
- [14] Métodos de Explotación Subterránea. Departamento de Ingeniería Civil de Minas (Universidad de Antofagasta – Chile)
- [15] LOPEZ, JIMENO. “ Explotación de Minas” (Tomo I, II y III Editorial OMEGA)
- [16] HOEK E. AND Brown “Excavaciones Subterránea en Roca” ET (Instituto de Minas y Metalurgia de Londres)
- [17] Convenciones de Ingenieros de Minas Colegio de Ingenieros de Minas, Instituto de Ingenieros de Minas, 2013

ANEXOS

Anexo N° 01: Ficha de flujo de datos en los modelos geológicos

Anexo N° 02: Flujo del Modelo Geológico y Modelo de Gestión

Anexo N° 03: Formato de registro de opinión de expertos

Anexo N° 04: Formato de registro de opinión de funcionarios

Anexo N° 05: Formato de registro de encuesta de conformidad
a usuarios

Anexo N° 06: Mapa de ubicación de minas analizadas

Anexo N° 07: Panel fotográfico de minas analizadas

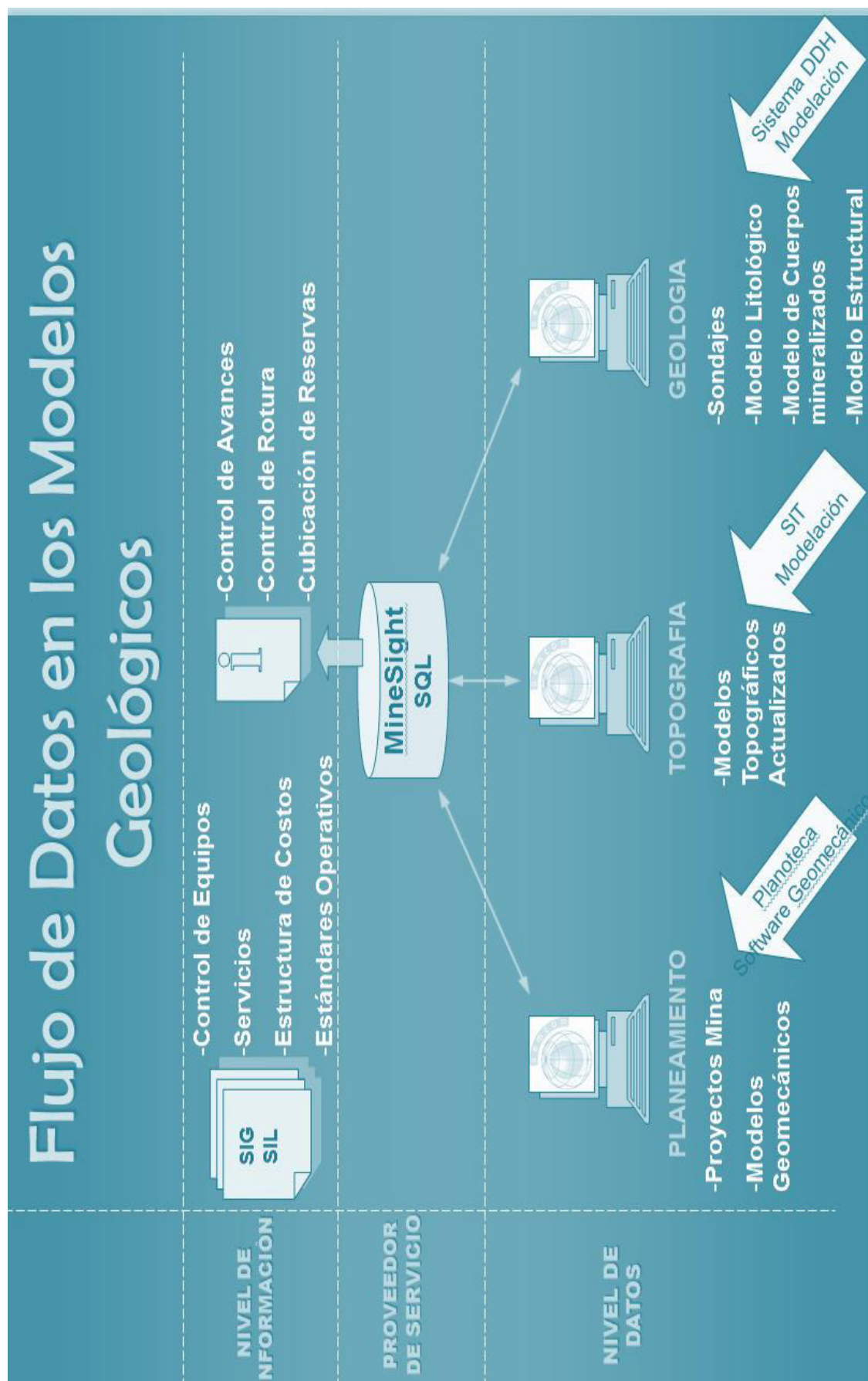
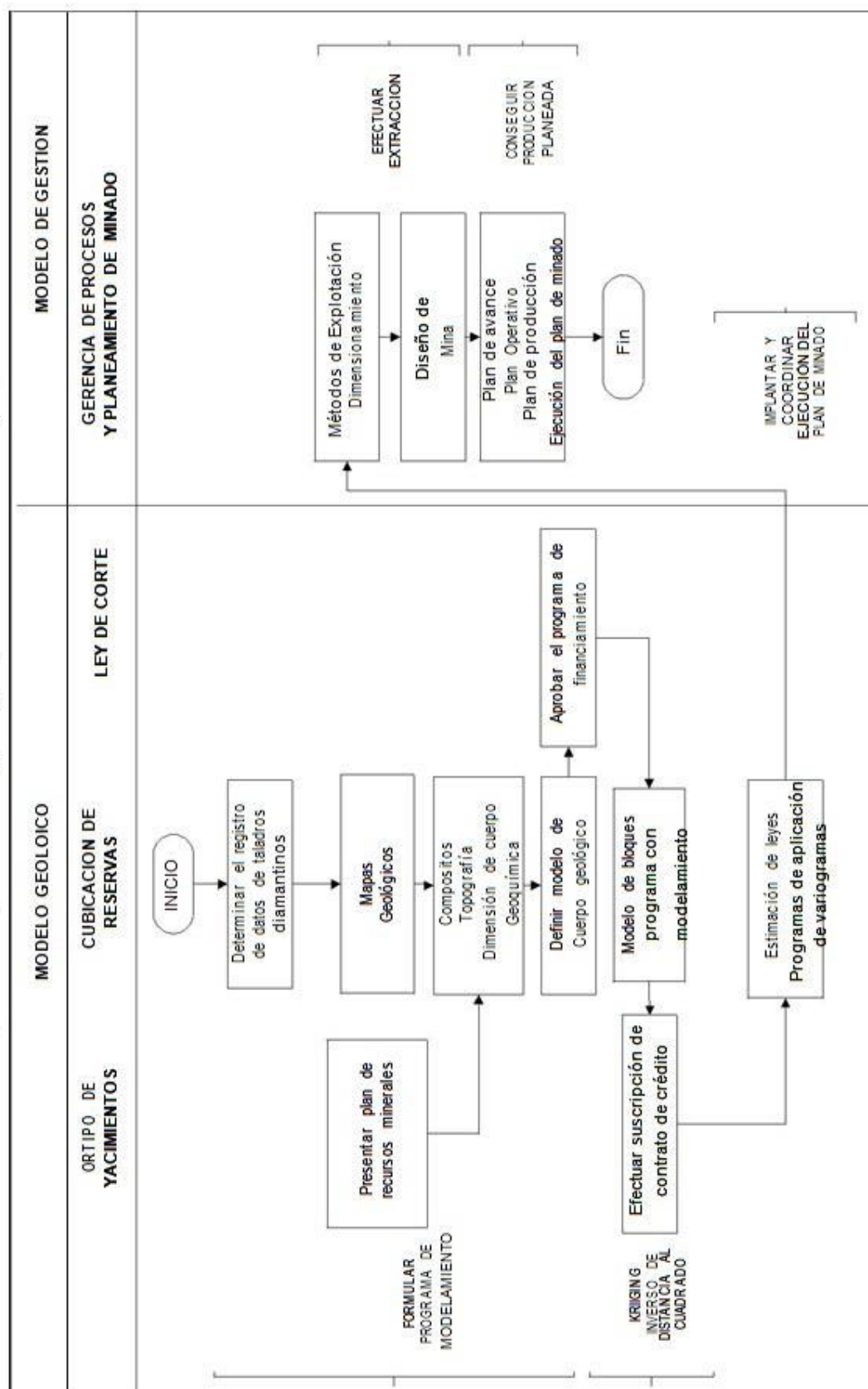


Diagrama de Flujo del Modelo geológico y el Modelo de Gestión por procesos



Fuente: Elaborado por: Autor de Tesis

MODELO DE GESTION POR PROCESOS DE MINADO BASADO EN MODELAMIENTO GEOLOGICO

OPINION DE EXPERTO

*Haga un
Check List*

1	El Modelo de gestion por procesos para la extraccion de minerales cumple con:				
1	Consistencia				
2	Persistencia				
3	Escalabilidad				
4	Aplicabilidad				
5	Flexibilidad				
6	Sistematizacion				
7	Claridad				
2	Cumplimiento de robustez tecnologica e innovacion	Mala	Mala	Regular	Buena
	* Ficha de proceso				
	* Diagrama de Flujo				
	* Interrelacion				
	* Alineamiento con ciclo de minado				
3	Nivel de Gestión de extraccion de mineral en ciclo de minado				
	* Liderazgo y compromiso				
	* Política ergonomicas				
	* Programa anual de seguridad en la unidad de trabajo				
	* Comité de seguridad y calidad de procesos mineros				
	* direccion de programa de seguridad y calidad de porcesos mineros				
	* Capacitación permanente				
	* Equipo de seguridad y ergonomia				
	* Identificación de peligros y evaluación de riesgos				
	* Prevencion de enfermedades				
	* Señalización de áreas de trabajo				
	* Permisos de trabajo				
	* Comunicaciones				
	* Supervision , check list y controles				
	* Preparación y respuesta a contingencias				
	* Asistencia médica y educación sanitaria				
	* Prevencion de incidentes y accidentes				
	* Cuantificación y valoración de contingencias por perdida				
	* Bienestar, seguridad y calidad en la unidad de trabajo				
	* Otros.				
4	Manejo de los estándares de las operaciones mineras:				
	* Control de terreno				
	* Acceso y vías de escape				
	* Ventilación				
	* Drenaje				
	* Explosivos				
	* Perforación y voladura				
	* Transporte, carga, acarreo y descarga				
	* Operaciones de concesiones de beneficio y depósito de relaves crecimiento de los parámetros de diseño				
	* Prevención y control de incendios				
	* Control de sustancias peligrosas				
	* Planos y mapas				
	* Explotación de Carbón				
	* Explotación en Placeres				
	* Otros.				

MODELO DE GESTION POR PROCESOS DE MINADO BASADO EN MODELAMIENTO GEOLOGICO

OPINION DE FUNCIONARIO

MINADO : OPEN PIT SUBTERRANEO

1 El detalle del ciclo de minado en modelo <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div><input type="text" value="1"/> Bueno</div> <div><input type="text" value="2"/> Malo</div> <div><input type="text"/> Escriba aqui</div> </div>	2 La ficha de proceso es <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div><input type="text" value="1"/> Muy Bueno</div> <div><input type="text" value="3"/> Malo</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div><input type="text" value="2"/> Bueno</div> <div><input type="text" value="4"/> Muy malo</div> </div> <div> Escriba aqui <input style="width: 150px;" type="text"/> </div> </div>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3	LOS DIAGRAMAS DE FLUJO DEL CICLO DE MINADO SON
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Bueno <input style="width: 100px;" type="text" value="1"/> Malo <input style="width: 100px;" type="text" value="2"/> Escriba aqui <input style="width: 80px;" type="text"/> </div>	

4	EL SISTEMA DE CALCULO DE COSTO HEC ES
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div>Excelente <input style="width: 500px;" type="text" value="1"/></div> <div>Bueno. <input style="width: 500px;" type="text" value="2"/></div> <div>Malo <input style="width: 500px;" type="text" value="3"/></div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 150px;">ESCRIBA AQUI EL NUMERO</div> <div style="border: 1px solid black; flex-grow: 1; min-height: 60px;"></div> </div> </div>	

5	EL MODELO GESTION POR PROCESO PROPUESTO
HAGA UN CHECK LIST SI ESTA DE ACUERDO	
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div><input type="text" value="Mejora los procesos de minado"/></div> <div><input type="text" value="Reduce los costos de minado"/></div> <div><input type="text" value="Ayuda a la toma de decisiones"/></div> <div><input type="text" value="Permite simular procesos"/></div> <div><input type="text" value="Buena herramienta de gestion"/></div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div>1 <input style="width: 150px;" type="text"/></div> <div>2 <input style="width: 150px;" type="text"/></div> <div>3 <input style="width: 150px;" type="text"/></div> <div>4 <input style="width: 150px;" type="text"/></div> <div>5 <input style="width: 150px;" type="text"/></div> </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> A MI PARECER EL MODELO ES <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div><input style="width: 150px;" type="text" value="UTIL"/></div> <div><input style="width: 50px;" type="text" value="1"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div><input style="width: 150px;" type="text" value="INNOVADOR"/></div> <div><input style="width: 50px;" type="text" value="2"/></div> </div> </div> <div style="width: 10%; text-align: center;"> Escriba aqui <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> </div> <div style="width: 45%;"> APRUEBO EL MODELO <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div><input style="width: 150px;" type="text" value="SI"/></div> <div><input style="width: 30px;" type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div><input style="width: 150px;" type="text" value="NO"/></div> <div><input style="width: 30px;" type="checkbox"/></div> </div> </div> </div>	

MODELO DE GESTION POR PROCESOS DE MINADO BASADO EN MODELAMIENTO GEOLOGICO

CONFORMIDAD DE USUARIO

1 Manejo de l modelo de Gestion con estándares de operaciones mineras

- * Mejora el Manejo de materiales
- * Controla el consumo de energia y Electricidad
- * Sistema de costos y reservas versatiles
- * Mejora la calidad del ambiente de trabajo
- * Optimiza el uso de agua, aire comprimido y calderos
- * Permite mejorar el control de los Sistemas de Izaje.
- * Reduce tiempo de traslado por Escaleras y andamios
- * Mejora el manejo logistico de Maquinaria, equipo y herramienta
- * Permite el uso adecuado de infraestructura e instalaciones
- * Mejora el control de equipos del sistema de Transporte de personal
- * Mejora el plan operativo diario

Nulo	Malo	Regular	Bueno
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2 Nivel de Satisfaccion del modelo

- * Muy satisfecho
- * Satisfecho
- * Regularmente satisfecho
- * Nada satisfecho

Escriba el numero	
<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="2"/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="3"/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="4"/>	<input type="text"/>

Mapa de Ubicación de las minas analizadas en el estudio



FOTO No 1. Minera Yanacocha.



FOTO No. 2: Minera Barrick.



FOTO No 3: Cia. Minera Orcopampa.



Figura 4.42 Paquete de madera (woodpack).

FOTO No. 4: Cia. Minera Aruntani.



FOTO No. 5: Cia Minera Horizonte



FOTO No. 6: Cia Minera Santa Rosa

